



EESTI MAAÜLIKOOL
Metsandus- ja Maaehitusinstituut

Kaarel Koit

**MEHITAMATA ÕHUSÕIDUKITE KASUTAMISE ÜLEVAADE
ERINEVATES EESTI ASUTUSTES**

OVERVIEW OF THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES
IN VARIOUS ESTONIAN INSTITUTIONS

Bakalaureusetöö
Geodeesia ja maakorralduse õppekava

Juhendaja: dotsent Natalja Liba
Kaasjuhendaja: MSc Kaupo Kokamägi

Tartu 2021

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Kaarel Koit		Õppekava: Geodeesia, kinnisvara- ja maakorraldus	
Pealkiri: Mehitamata õhusõidukite kasutamise ülevaade erinevates Eesti asutustes			
Lehekülgi: 72	Jooniseid: 32	Tabeleid: 6	Lisasid: 2
Osakond: Geomaatika			
Uurimisvaldkond: Fotogramm-meetria			
Juhendaja(d): Natalja Liba, Kaupo Kokamägi			
Kaitsmiskoht ja aasta: Tartu 2021			
Uurimistöö eesmärk on uurida mehitamata õhusõidukite kasutamist erinevates Eesti asutustes.			
Käesoleva bakalaureusetöö käigus koguti andmeid veebipõhise ankeetküsitluse abil, mis saadeti laiali erinevatele firmadele, riigiasutustele ning ülikoolidele üle kogu Eesti, kes potentsiaalselt võiksid kasutada oma tööde mehitamata õhusõidukite poolt pakutud erinevaid võimalusi.			
Uurimisülesandeks oli välja selgitada, kui paljudel Eesti ettevõtetel, riigiasutustel ning teadusasutustel endal on kasutusel mehitamata õhusõiduki tehnoloogia ning kui palju kasutatakse sel teel saadud andmeid. Milliseid probleeme on tekkinud seadusandlusega, kui palju kasutatakse markeerimist, millised on riistvaralised ja tarkvaralised valikud ja kui palju kasutatakse mehitamata õhusõidukeid.			
Tulemustest järeldati, et mehitamata õhusõidukite kasutamine Eesti erinevates asutustes on populaarne ning kasutajaid tuleb juurde. Enim kasutatakse UAV seadmeid aerofotode tegemiseks. Enim kasutatakse Eesti asutustes DJI kaubamärgi tooteid. Tehnika ja tarkvara			

kasutuselevõtmist pärsib nende hind. Samuti leiti, et muutuv seadusandlus on keeruline ning segadust tekitav.

Märksõnad: UAV, sensorid, ankeetküsitlus, seadusandlus

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Kaarel Koit		Speciality: geodesy	
Title: Overview of the use of unmanned aerial vehicles in various Estonian institutions			
Pages: 72	Figures: 32	Tables: 6	Appendixes: 2
Department: geomatics Field of research: Photogrammetry Supervisors: Natalja Liba, Kaupo Kokamägi Place and date: Tartu 2021			
<p>The aim of this bachelor's thesis was to find out how many institutions in Estonia use unmanned aerial vehicles.</p> <p>In the course of this bachelor's thesis, data was collected using a web-based questionnaire survey, which was distributed to various surveying companies, state agencies and universities all over Estonia, who have the potential to use the various opportunities offered by unmanned aircraft.</p> <p>The task of the research was to find out how many Estonian companies, state agencies and research institutions use unmanned aircraft technology and how much data is used in this way. What are the problems with the legislation, how much marking ground control points is used, what are the hardware and software options and how much are unmanned aircrafts used.</p> <p>The results concluded that the use of unmanned aerial vehicles in various Estonian institutions is popular and more users are adding up. UAVs are most commonly used for aerial photography. Estonian institutions mostly use DJI brand products. The introduction of equipment and software is hindered by their price. It was also found that changing legislation is complex and confusing.</p>			
Keywords: UAV, sensors, questionnaire survey, legislation			

SISUKORD

SISUKORD	5
SISSEJUHATUS	7
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	9
1.1. Mehitamata õhusõidukite ajalugu	9
1.2. Mehitamata õhusõidukitega tehtud uurimistööd.....	10
1.2.1 Ülevaade Eestis tehtud uurimistöödest.....	11
1.2.2 Ülevaade maailmas tehtud uurimistöödest	12
1.3. Mehitamata õhusõidukitega seotud seadusandlus Eestis	16
1.4. Mehitamata õhusõidukite klassifikatsioon.....	20
1.5. Mehitamata õhusõidukitel kasutatavad lisaseadmed	21
1.5.1 Kaamerad.....	21
1.5.2. Aerolaserskanner	24
1.5.3. RTK seade	25
1.6. Mehitamata õhusõidukiga mõõdistamise protsess.....	26
1.6.1 Lennu planeerimine	21
1.6.2 Markeerimine.....	21
1.6.3 Lendamine	22
1.6.4 Andmetöötamise tarkvara.....	23
2. MEHITAMATA ÕHUSÕIDUKITE KASUTAMISE ÜLEVAADE ERINEVATES EESTI ASUTUSTES.....	25
2.1 Töö metoodika	25

2.2 Töö tulemused.....	26
2.2.1 Tehnikaga seotud töö tulemused	27
2.2.2 Andmetega seotud töö tulemused.....	34
2.2.3 Tarkvaraga seotud töö tulemused	36
2.2.4. Seadusandlusega seotud töö tulemused.....	37
2.2.5 Mehitamata õhusõidukeid mitte kasutavate asutustega seotud töö tulemused.....	39
3. ARUTELU	43
KOKKUVÕTE	45
KASUTATUD KIRJANDUS	47
LISAD	52
Lisa 1. Uurimistöö küsimustik.....	52
Lisa 2. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta	63

SISSEJUHATUS

Mehitamata õhusõidukid (töös nimetatud ka kui UAV või droon) leiutati juba eelmisel aastatuhandel. Algselt kasutati neid pigem militaarsel otstarbel. Nüüdseks on mehitamata õhusõidukid jõudnud aga ka igapäevaellu, kus neid kasutatakse topograafias, hoonete kontrollmõõdistamisel, metsapõlengute ala määramisel, inimeste otsingutel, laserskaneerimisel. Mehitamata õhusõidukite nõudlus suureneb, sest sageli on tegemist kõige kiirema mõõdistusviisiga.

Uurimistöö eesmärk oli uurida mehitamata õhusõidukite kasutamist erinevates Eesti asutustes.

Eesmärgi täitmiseks viidi läbi ankeetküsitlus, mille kaudu selgitatakse välja, kui paljudel Eesti ettevõtetel, riigiasutustel ning teadusasutustel on endal kasutusel mehitamata õhusõiduki tehnoloogia ning kui palju kasutatakse sel teel saadud andmeid. Milliseid probleeme on tekkinud seadusandlusega, kui palju kasutatakse markeerimist, millised on riistvaralised ja tarkvaralised valikud, kui palju kasutatakse mehitamata õhusõidukeid.

Käesoleva bakalaureusetöö käigus kogutakse andmeid veebipõhise ankeetküsitluse abil, mis saadetakse laiali erinevatele firmadele, riigiasutustele ning ülikoolidele üle kogu Eesti, kes potentsiaalselt võiksid kasutada oma töödel mehitamata õhusõidukite poolt pakutud erinevaid võimalusi.

Bakalaureusetöö teema valiti seetõttu, et mehitamata õhusõidukeid on Eestis juba varem uuritud nii bakalaureuse-, magistri- kui ka doktoritööde näol, mis on koostatud nii Eesti Maaülikoolis, Tallinna Tehnikaülikoolis ning Tartu Ülikoolis, kuid pole veel uuritud, millises ulatuses ja milleks Eestis paiknevad asutused mehitamata õhusõidukeid oma töös kasutavad. Kuna selle kasutamisega seotud valdkonnad on väga mitmekesised, taheti teada, kui aktuaalne on Eestis UAV seadmete kasutamine ja uurida, kui palju seda kasutatakse mujal maailmas.

Töö jaguneb kolme ossa. Esimene osa kirjeldab üldisemalt mehitamata õhusõidukeid, läbi viidud uurimustöid Eestis ja välismaal, mehitamata õhusõidukitel kasutatavaid lisaseadmeid,

andmetöötlustarkavarasid, mehitamata õhusõidukeid puudutavat seadusandlust Eestis. Teises osas antakse ülevaade uurimistöö metoodikast, töö tulemustest: milliseid ja milleks mehitamata õhusõidukeid kasutatakse, millised on lisaseadmed seadmetel, milliseid järeltöötlusprogramme kasutatakse, millised on probleemid seadusandlusega, kui palju kasutatakse markeerimist. Kolmandas osas kirjeldatakse saadud tulemusi, analüüsitakse neid ning arutletakse saadud tulemuste üle.

Autor tänab oma juhendajaid Natalja Liba ning Kaupo Kokamäge, kõiki asutusi, kes leidsid aja ning vastasid küsimustikule, ning kõiki, kes olid nõu ja jõuga abiks töö koostamisel.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Mehitamata õhusõidukite ajalugu

Esimene kopteritüüpi õhusõiduk oli neljarootoriline, mis ehitati aastal 1907. Esimese kopteri kasutamist segasid aga erinevad asjaolud, näiteks: ebastabiilsus, lisaks vajab selle seadeldise lennutamine rohkesti inimressurssi. Esimesel katselennul ei suutnud kopter lennata kõrgemale kui meeter, aga antud masin pani aluse tänapäevasele tehnoloogiale. (Dormehl, 2018)

Esimene kasutuskõlblik mehitamata õhusõiduk loodi aastal 1917 sõjalisel eesmärgil. Antud lennuseade põhines raadio teel juhital tehnoloogial (*Radio Controlled*). Lennumasin ehitati esialgselt juhitalvaks pommiks, mille trajektoori on võimalik kontrollida. Sõjalisel otstarbel aga seda seadeldist ei kasutatud, vaid hakati arendama tänapäeval tuntud lendavaid rakette. Esimese kaugjuhitava relva ehitab Saksa sõjavägi ning seda kasutati edukalt ka sõjategevuses. Tegemist oli laevade hävitamiseks mõeldud pommiga, mis pani aluse kaugmaarakettide arengule. (Dormehl, 2018)

Kui maailmas toimus elektroonika- alane läbimurre 60-ndatel aastatel, muutusid inimestele taskukohasemaks komponendid, mida on vaja raadio teel juhitalvatele lennukitele. Inimestel tekkis võimalus ehitada endale erinevates tingimustes lendamiseks mõeldud õhusõidukeid. Lisaks tekkisid kommuunid, kus inimesed said jagada oma kogemusi. (Dormehl, 2018)

Kui aastal 2001 toimus Ameerikas terrorirünnak, alustas USA relvastatud droonide lennutamist Afganistanis võitluses Talibani vastu. Viis aastat hiljem mõisteti, et mehitamata õhusõidukitel on suur potentsiaal ka tsiviilkasutuses. 2006. aastal loodi esimesed reeglistikud tavakasutajatele. See otsus andis võimaluse võtta kasutusele esialgu ärilistel kaalutlustel mehitamata õhusõidukeid. Esialgu oli huvi lennubade osas leige, aga aja jooksul see kasvas. (Dormehl, 2018)

Elektroonika arenedes arenesid ka UAV seadmed, aastal 2010 esitleti maailmas esimest õhusõidukit, mida sai kontrollida nutitelefoni üle WIFI võrgu. Antud leiutis pälvis maailmas

suurt tähelepanu ning neid droone müüdi umbes pool miljonit. Pidevalt toimus ka tehnoloogia arendus, mis muutis selle kergemini juhitavaks ka algajatele. (Dormehl, 2018)

Möödunud kümnendil tekkis mehitamata õhusõidukitega tegelevaid ettevõtteid rohkesti juurde. UAV seadmeid arendati edasi uute suundade poole, näiteks võttis Amazon kasutusele droonid, et klientidele kohale toimetada saadetised. Aastate jooksul on muutunud üheks populaarseimaks ettevõtteks DJI, nende lennumasinaid tutvustatakse kui tarka arvutit, mis on suuteline vältima erinevaid takistusi, järgima lennutrajektoori, jälitama inimest ning lisaks jäädvustama teekonda. Lisaks on tegemist olulise edasiminekinga, sest võrreldes eelnevate UAV seadmetega on lisatud andurid, mis aitavad tajuda keskkonda, eelnevalt kasutati selleks GNSS-signaali. (Dormehl, 2018)

1.2. Mehitamata õhusõidukitega tehtud uurimistööd

Eestis ning maailmas on aastate jooksul hakatud läbi viima aina rohkem uurimistöid. Töö autor on toonud välja kolm Eestis tehtud tööd. Maailmas on mehitamata õhusõidukitega seonduvaid uurimistöid läbi viidud rohkem kui Eestis, samuti on Ameerika Ühendriikides uuritud, kui palju kasutatakse riigis mehitamata õhusõidukeid. Eestis on tehtud mehitamata õhusõidukitega uurimistöid UAV kasutusvõimalustest hoone mõõdistamisel, puistu kõrguse hindamisel, kõrgusliku täpsuse hindamisel teedehituse näitel, ortofotomosaiikide täpsuse hindamisel, ortofotomosaiikide ja 3D- punkt pilvede täpsust mõjutavate faktorite uurimisel.

1.2.1 Ülevaade Eestis tehtud uurimistöödest

Tartu Ülikoolis kaitses aastal 2016 bakalaureusetöö Kaspar Huul, kelle töö eesmärgiks oli uurida 3D mudelite täpsust ning kvaliteeti, andmed saadi mehitamata õhusõiduki kasutamisel. (Huul, 2016)

Andmete kogumine toimus Tartu maakonnas Raadi karjääris, sügisel ja kevadel tehti kokku 414 fotot, kõiki pilte aga ei kasutatud, sest piltide kvaliteet ei olnud piisav. Antud uurimistöö andmete saamiseks oli kasutusel Tartu Ülikooli kaheksa rootoriga mehitamata õhusõiduk ning lisatud oli kaamera Canon EOS 550D. Saadud tulemuste järeltötluseks kasutati tarkvarasid *Agisoft* ja *Arcmap*. Andmetest valminud ortofotode täpsust määrati ruutkeskmise vea leidmisega, visuaalselt ja Helmerti transformatsiooni abil. Maa-ameti loodud LIDAR andmeid kasutati kõrgusmudelite täpsuse hindamiseks. (Huul, 2016)

Töös järeldati, et kevadisel välitööl läbiviidud mõõdistuste abil loodud ortofotod olid täpsed. Keskmise viga oli kuni 4cm. Kahjuks avastati aga korduv viga, mis oli tekkinud tugipunktide mõõdistamisel. (Huul, 2016)

Eesti Maaülikoolis kaitses Jaano Berg-Jürgens aastal 2015 magistritöö. Töö eesmärgiks oli hinnata ortofotomosaiigi geomeetrilist täpsust, kasutades erinevaid tasandusmeetodeid. Ortofotode koostamiseks saadi andmed mehitamata õhusõiduki kasutamisel. (Berg-Jürgens, 2015)

Antud magistritöös kasutati mehitamata õhusõidukiga läbi viidud aeromõõdistamise tulemusi, andmed katsid Tartu linna Ihaste ja Annelinna linnaosasid, mõõdistustööde pindala oli 3,5 km². Mõõdistusi tehti 2014. aasta sügisel. Kogu mõõdistatud alal tehti 425 aerofotot, piksli suurusega maapinnal 4,7cm. Pildistatud alal oli mõõdistatud 30 tugi- ja 31 kontrollpunkti. Kokku loodi erineva tasandusega kolm ortofotomosaiiki. Täpsuse hindamiseks kasutati eelnevalt mõõdetud GNSS kontrollpunkte ning kasutati Gaussi ruutvea valemit. Tulemustes järeldati, et ilma tugipunkte rajamata ei saa piisava täpsusega ortofotomosaiiki. (Berg-Jürgens, 2015)

Kaupo Kokamägi kaitses Eesti Maaülikoolis 2018. aastal magistritöö teemal „Mehitamata õhusõiduki abil tehtud aerofotode põhjal puistangu mahtude arvutamise täpsus“. Töö koostaja suutis tõestada, et mehitamata õhusõiduki kasutamine annab piisavalt hea täpsuse

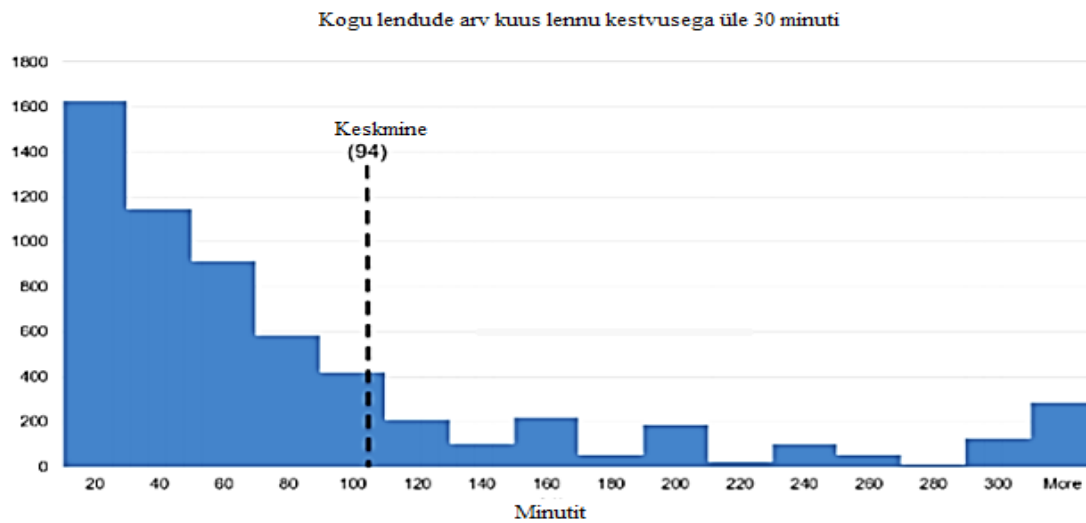
markšneideritööde tegemisel, ehk erinevus oli kuni 12% . Töös selgus, et alati ei ole vajalik kasutada mudeli loomisel markeerimistähiseid, ilma markeerimata on tagatud piisavalt hea täpsus. (Kokamägi, 2018)

Uurimistöö välitöödel kasutati punktide märkimiseks *Trimble R4-3* GNSS vastuvõtjaga. Märgitud punkte kasutati *Trimble SX10* sakaneeriva tahhümeetri orienteerimiseks. Õhusõidukitest oli kasutusel *Airbotix X6* ja *DJI Phantom 4 Pro*. Saadud andmeid kasutati hilisemas järeltöötluses, mille käigus loodi punktipilved. Punktipilvedest loodud kolmemõõtmelisi mudeleid võrreldi omavahel. Võrdluses kahe drooni andmete vahel leiti, et odavamas hinnaklassis oleva drooni tulemused on samuti usaldusväärsed. Andmeid töödeldi tarkvaraga *AgiSoft PhotoScan Professional*. (Kokamägi, Mehitamata õhusõiduki abil tehtud aerofotode põhjal puistangu mahtude arvutamise täpsus, 2018)

1.2.2 Ülevaade maailmas tehtud uurimistöödest

Maailmas on mehitamata õhusõidukite ja nende kasutamise kohta viidud läbi rohkem uuringuid Ameerika Ühendriikide Lennuamet on teinud statistilise uurimuse, millest selgub, et USAs on registreeritud üle 870 tuhande mehitamata õhusõiduki, millest ligi 368 tuhat õhusõidukit on kasutusel kommertseesmärgil ning ligi 500 tuhat õhusõidukit eraisikutel. Kõikidest mehitamata õhusõidukite juhtidest on saanud sertifikaadi ligikaudu 222 tuhat inimest. (Administration, 2021)

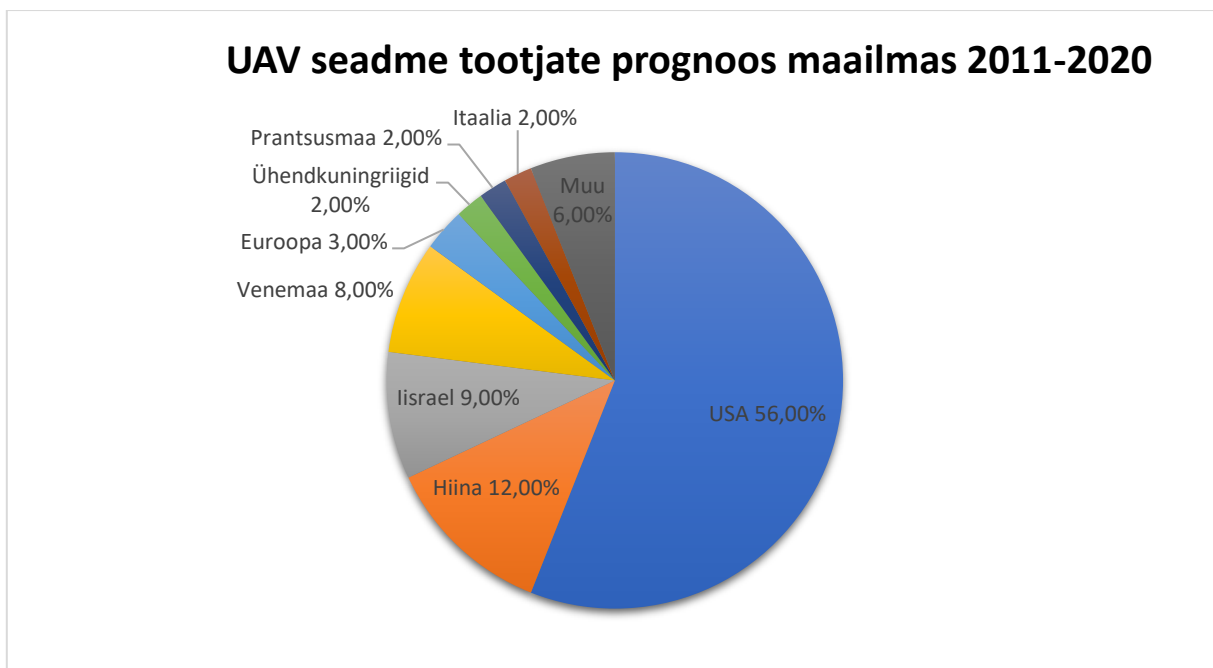
USA lennuamet on toonud välja prognoosis aastatel 2020-2040, et keskmiselt lennatakse mehitamata õhusõidukitega 16 minutit kuus, kokku lennatakse aga 1,5 miljonit tundi ühes kuus. Välja on toodud, et lende tehakse kuu jooksul kõige rohkem 20 korda, seda on väitnud 1600 kasutajat, samuti on välja toodud, et tehakse ka pikemaid lende, 300 ja enam minutit ühe korraga (Joonis 1.2.2.1). (FAA AEROSPACE FORECAST 2020-2040, 2020)



Joonis 1.2.2.1. Kogu lendude arv mehitamata õhusõidukitega USAs (FAA AEROSPACE FORECAST 2020-2040, 2020).

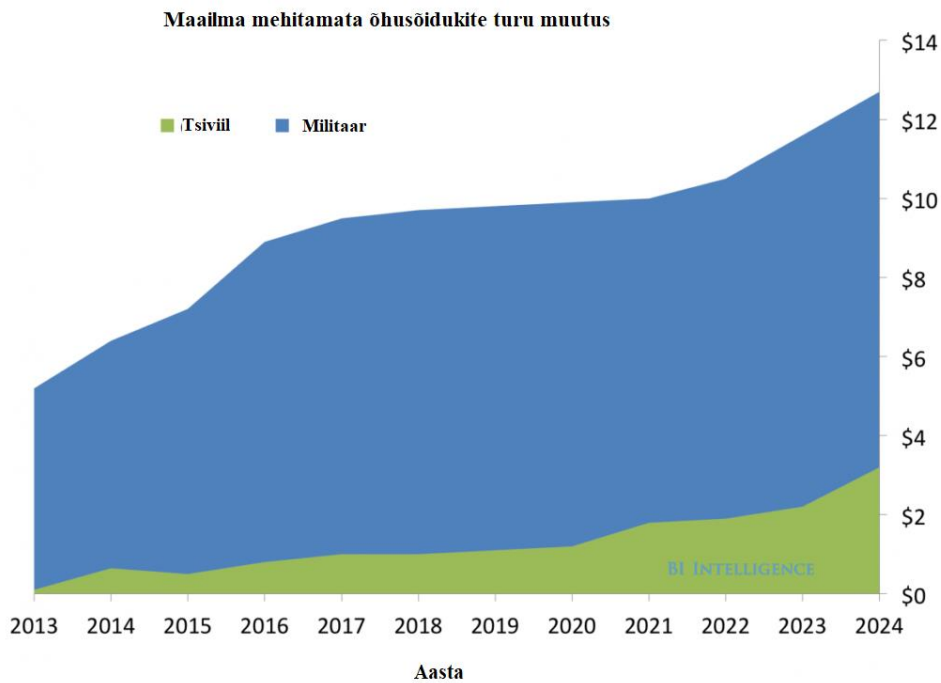
Aastal 2017 avaldati analüütiline aruanne mehitamata õhusõidukite turu kohta Venemaal ja maailmas. Antud aruandes tuuakse välja, et tsiviillennunduse mehitamata õhusõidukid omavad 47% kogu turust, sellest aga 24% kommertslennufirmad ning 23% tavatarbijad. Samuti on välja toodud antud ülevaates, et Venemaa UAV turg hõlmab rahaliselt 2% maailmaturust. Sõjalises vaates on Venemaa osakaal aga 15%. Ülevaates hinnatakse kogu UAV turgu 2017. aastal 7,8 miljardi dollarini. Suure osa mehitamata õhusõidukite turu osast kuulub militaar UAV seadmetele, keskmiselt hinnatakse, et nende turuväärtus on 200 korda suurem kui tsiviilkasutuses olevatel mehitamata õhusõidukitel. (J'son & Partners Consulting, 2017)

Antud analüüsis ennustatakse, et aastaks 2020 on 56% UAV turust USA tootjate käes (Joonis 1.2.2.2). Üle poole mehitamata õhusõidukite müügist toimub USA firmade poolt, samuti on öeldud, et peaaegu kõik maailma militaarotstarbelised UAV seadmed müüakse just Ameerika Ühendriikides. Hiina osakaal on 12% kõikidest mehitamata õhusõidukite müügist, järgnevad Iisrael (9%) ja Venemaa (8%). Ennustatakse, et USAs toodetud mehitamata õhusõidukite osakaal väheneb, sest Euroopa ja Aasia turud kasvavad ning vajadus odavamate seadmete järele suureneb. (J'son & Partners Consulting, 2017)



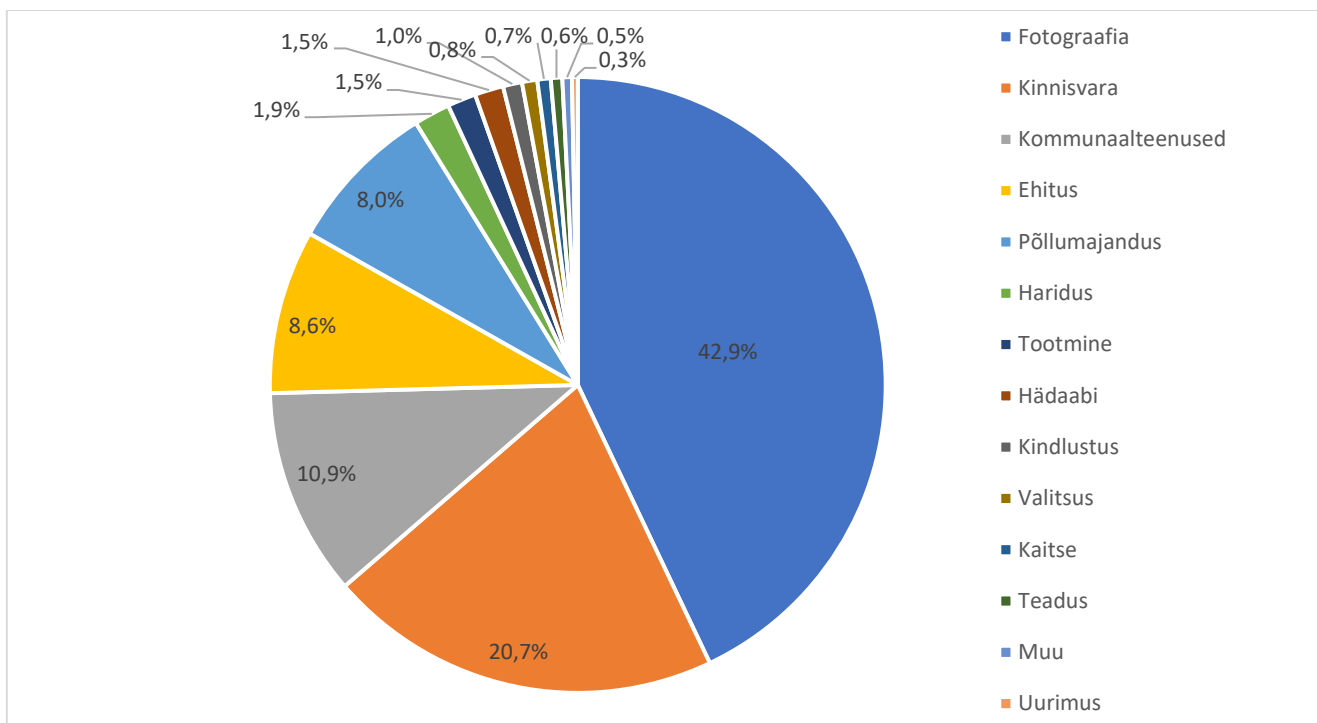
Joonis 1.2.2.2. UAV seadmete tootjate prognoos maailmas 2011-2020 (J'son & Partners Consulting, 2017).

Aastal 2018 on kirjeldanud *National Drones* veebileht erinevaid võimalusi, kus mehitamata õhusõidukeid kasutatakse, millised on väljavaated ning millised summad liiguvad sellele turul. Esmalt on välja toodud, et aastatel 2016-2021 ennustatakse USAs kümnekordset mehitamata õhusõidukite arvu kasvu, kuni 420 000 UAV seadet, sarnast kasvu ootavad ka Euroopa ametiasutused. Antud töös prognoositakse, et aastaks 2050 on Euroopas ja USAs tööstuslike mehitamata õhusõidukeid ligi miljon ning need teenivad aastas 50 miljardit USA dollarit. Välja on toodud, et aastaks 2024 on mehitamata õhusõidukite turg kasvutrendis, ettevõtted ja valitsused kulutavad UAV seadmetele üle 13 miljardi dollari (Joonis 1.2.2.3). (National Drones, 2018)



Joonis 1.2.2.3. Globaalne mehitamata õhusõidukite turg (National Drones, 2018).

Lisaks rahalisele poolele on välja toodud mehitamata õhusõidukite erinevad kasutusvaldkonnad: kaevandus, põllumajandus, kommunaalteenused, kindlustus, korrakaitse, meteoroloogia, side, militaarvaldkond. Joonisel (joonis 1.2.2.4.) on välja toodud kõige enam levinud mehitamata õhusõidukite kasutusvaldkonnad Ameerika Ühendriikides. Jooniselt on näha, et enim, ligi 43% kasutajatest on määratlenud kasutusvaldkonnaks fotograafia, ligi 21% kõikidest kasutajatest on kinnisvara valdkonnas. Kommunaalteenustes kasutatakse mehitamata õhusõidukeid ligi 11%. (National Drones, 2018)



Joonis 1.2.2.4. Mehitamata õhusõidukite kasutamine erinevates tööstusharudes (National Drones, 2018).

1.3. Mehitamata õhusõidukitega seotud seadusandlus Eestis

Eesti Vabariigis kehtivad mehitamata õhusõiduki lennutamisel mitmed määrad ning lennundusseadus. Mehitamata õhusõidukid on muutunud väga populaarseks ning kättesaadavateks. Lennuameti peadirektor tegi 09.06.2015 ettekirjutuse, kus on välja toodud, kuidas võib Eesti õhuruumis lennutada mehitamata õhusõidukit. Väljavõte Lennuameti peadirektori ettekirjutisest:

§ 1. Mõisted ja reguleerimisala:

(1) „Õhusõiduk on aparaat, mis püsib atmosfääris õhu vastumõjul, välja arvatud maa- või veepinnalt põrkunud õhu vastumõjul.“

(2) „Mehitamata õhusõiduk on õhusõiduk, mille pardal ei ole pilooti ning mille juhtimine toimub tehniliste abivahendite vahendusel või eelnevalt programmeeritud lennuna ilma piloodi juhtimiseta autonoomselt.“

(3) „Mehitamata õhusõidukite käitamine on lennutegevus, milleks on vajalik lennureeglite §7 lõike 2 kohaselt ühekordne luba.“

(4) „Mehitamata õhusõiduki käitaja on õhusõiduki juht.“

(5) „Mehitamata õhusõidukit ei tohi käitada hooletult ega vastutustundetult, mille tagajärjel võib sattuda ohtu inimeste elu, tervis, vara või teised õhuruumi kasutajad.“

(Lennuamet, Üldkorralduslik ettekirjutus, 2015)

Enne lendamist peab mehitamata õhusõiduki juht kontrollima, kus ja millal on vaja taotleda ühekordne lennuluba (joonis 1.3.1). Ühekordse lennuloa saab füüsiline või juriidiline isik taotleda endale Lennuameti kodulehelt. Väljastatud lennuluba kehtib aasta. Lennuloa olemasolu on nõutud, kui lennatakse kontrollitavas õhuruumis, lennatakse kõrgemal kui 150 meetrit või eriluba, kui lennatakse Matsalu või Vilsandi rahvusparki territooriumil ja riigipiiri aladel. (Transpordiamet, 2021)



Joonis 1.3.1. Mehitamata õhusõidukiga lendamise piiranguvööndid (Lennuamet, Infovoldik-drooni lennutamise ABC, 2019).

2021. aasta esimesest juulist hakkab kehtima Eestis uus rakendusmäärus, mis hõlmab turul müüdavaid mehitamata õhusõidukeid, erikategooriaid UAV seadmetel ning ka käitamise liike ja riskitaset. Viimast määratakse kolme kategooria kaudu: avatud, eri- ja sertifitseeritud kategooria. **Avatud kategooria** määratleb seadmete kasutamist madala riskitasemega piirkondades, ohutuse tagab, kui õhusõiduki juht järgib määratud nõudeid (joonis 1.3.2.). Avatud kategooria aga jaguneb kolme eraldi kategooriasse (A1, A2 ja A3). **Erikategooria** hõlmab kõiki riskantsemaid tegevusi kui avatud kategooria. Erikategooriasse kuulumise korral peab õhusõiduki juht taotlema loa, selleks, et luba saada, on vajalik esitada ohutusriskide hindamine, see on oluline, et määrata kindlaks ohutu käitamise nõuded. **Sertifitseeritud kategooria** puhul on ohurisk eelnevatest kategooriatest kõrgem, ohutus tagatakse käitaja ja õhusõiduki sertifitseerimisega. Samuti peab olema kolmandas kategoorias õhusõiduki juhil kaugpiloodiluba. Eesti riik on kehtestanud nõude, et mehitamata õhusõiduk tuleb registreerida Transpordiametis (endises Lennuametis), registreerima ei pea õhusõidukeid, mis kaaluvad alla 250g ning sellega ei ole võimalik koguda isikuandmeid, samuti ei pea registreerima UAV seadet, mis on tootja poolt määratletud kui mänguasi. (Euroopa Liidu Teataja, 2019) Uue määruse kohaselt peavad üldiselt kõik kaugpiloodid läbima koolituse, mis on kooskõlas neile omistatud kategooriaga. Koolitust ei pea läbima, kui kasutatakse väga kergeid mehitamata õhusõidukeid (alla 250g). Koolitus koosneb olenevalt kategooriast: koolitusest, teooriaeksam, tootja kasutusjuhendiga tutvumisest, praktilisest õppest. Samuti on kõik mehitamata õhusõidukite omanikud kohustatud kindlustama oma seadme, kui see kaalub üle 20kg. (Euroopa Liidu Teataja, 2019)

Mehitamata õhusõiduki süsteem		Käitamine		Drooni käitaja/piloot		
Klass	Maksimaalne stardimass	Alamkategooria	Käitamise piirangud	Drooni käitaja registreerimine	Kaugpiloodi pädevus	Kaugpiloodi vanuse alampiir
Era- viisiliselt ehitatud	<250 g	A1 (tohib lennata ka alamkategorias A3)	<ul style="list-style-type: none"> - tohib lennata üle kõrvaliste isikute (võimalusel tuleks vältida) - ei tohi lennata üle inimrühmade 	Ei, välja arvatud juhul, kui pardal on kaamera/andur ja droon ei ole mänguasi	- koolitus ei ole vajalik	Vanuse alampiir puudub
0					- lugege kasutusjuhendit	16*, vanuse alampiir puudub, kui droon on mänguasi
Päranddroonid (art. 20)						16*
1	<900 g		<ul style="list-style-type: none"> - Eeldatakse, et üle kõrvaliste isikute ei lennata (kui see juhtub, siis tuleks vähendada) - ei tohi lennata üle inimrühmade 	Jah	<ul style="list-style-type: none"> - lugege kasutusjuhendit - läbige veebipõhine koolitus - sooritage veebipõhine teooriaeksam 	16*
2	<4 kg	A2 (tohib lennata ka alamkategorias A3)	<ul style="list-style-type: none"> - ei tohi lennata üle kõrvaliste isikute - hoidke kõrvalistest isikutest horisontaalselt 30 m kaugusele (tohib vähendada 5 meetrile, kui madala kiiruse režiim on aktiveeritud) 	Jah	<ul style="list-style-type: none"> - lugege kasutusjuhendit - läbige veebipõhine koolitus - sooritage veebipõhine teooriaeksam - läbige iseseisev praktiline õpe ja teatage sellest - sooritage lennuametis (või tunnustatud asutuses) kirjalik eksam 	16*
3	<25 kg	A3	<ul style="list-style-type: none"> - lennake inimestest eemal - lennake väljaspool linnapiirkonda (150 m kaugusel) 	Jah	<ul style="list-style-type: none"> - lugege kasutusjuhendit - läbige veebipõhine koolitus - sooritage veebipõhine teooriaeksam 	16*
4						
Era- viisiliselt ehitatud						
Päranddroonid (art. 20)						

Joonis 1.3.2. Uue määrusega kohaldatavad nõuded erinevate klasside mehitamata õhusõidukite käitamisel (Transpordiamet, 2019).

1.4. Mehitamata õhusõidukite klassifikatsioon

Mehitamata õhusõidukeid eristatakse kaalu ja suuruse järgi, samuti ka lennu aja ja ehituse poolest. Kõige väiksemad mehitamata õhusõidukid kaaluvad alla 5kg ja suurus on neil kuni pool meetrit. Kõige suuremad mehitamata õhusõidukid on aga kuni 40 meetrit pikad ja võivad kaaluda üle kahe tonni. Erinevad mehitamata õhusõidukid parameetrite järgi on välja toodud alljärgnevas tabelis (Tabel 1.4.1.).

Tabel 1.4.1. Mehitamata õhusõidukite jagunemine parameetrite põhjal (Arjomandi, Agostino, Mammone, Nelson, & Zhou, 2007).

Nimetus	Suurus (m)	Kaal (kg)
Mikro UAV	0,3 – 0,5	< 5
Kerge UAV	0,5 – 2,0	5 – 50
Keskmine UAV	5,0 – 10,0	50 – 200
Raske UAV	10,0 – 15,0	200 – 2000
Väga raske	20,0 – 40,0	> 2000

Viimaste aastate jooksul on muutunud mehitamata õhusõidukite valik aina suuremaks. Üha keerukam on olla kursis uute tehnoloogiate ning erinevate uuendustega kaasas käia. Kuna kasutusel on väga palju erinevaid süsteeme, on keeruline tuua välja kindel klassifikatsioon. Tavaliselt on esitatud nõuded, mida õhusõiduk peab olema suuteline täitma, nt läbima konkreetseid vahemaid, akudele on kindlaks määratud ajalised piirangud või pidama vastu kindlaks määratud nõuetele. Lisaks on mehitamata õhusõidukite juures tähtsad suurus, maksimaalne stardiraskus ning ka töökõrgus. Suuremad erinevused on ka kasutuses olev mootor või ehituse tüüp. (Innovation, 2014)

Tänapäeval on mittesõjalises kasutuses enamasti elektrimootorite ja sisepõlemismootoritega mehitamata õhusõidukid. Elektrimootoreid eelistatakse, sest need on üldjuhul keskkonnasõbralikumad ning need ei tekita suurt müra. Samuti eelistatakse elektrilisi õhusõidukeid, sest nende akude laadimine on suhteliselt odav, miinusena võib välja tuua, aga vahemaa läbimise võimekuse, see on seotud akude mahuga. Sisepõlemismootoriga mehitamata õhusõidukid on võimelised läbima üldjuhul pikemaid vahemaid, neile saab lisada ka juurde

lisakütusepaake. Arendajad töötavad ka hübriidsüsteemil töötavate õhusõidukite kallal. Eesmärgiks on liita kahte erinevat tüüpi mehitamata õhusõidukite paremad omadused: elektrimootor oleks kasutusel õhku tõusul ja maandumisel kohtades, kus on vaja vaikset tööd, näiteks linnas. Pikkade vahemaade läbimiseks kasutataks siiski sisepõlemismootoriga sõidukit. (Innovation, 2014)





Samuti on arengus vesinikkütusel mehitamata õhusõidukid, esimene kommertskasutusel UAV seade valmis aastal 2016 Hiinas (joonis 1.4.1). Vesinikkütusel töötavad õhusõidukite eeliseks on, et need suudavad lennata pikemaid vahemaid, samuti on tegemist keskkonnasäästlikuma kütusega kui seda on fossiilkütused, lennata saab kõrgemal kui akudel töötavate õhusõidukitega, vesinikkütus ei tekita heitmeid, samuti on kütuse paakide täitmine kiire ja lihtne. (UAV Coach, 2021)



Joonis 1.4.1. Esimene vesinikkütusel töötav UAV seade (Unmanned Systems Technology, 2017).

Järgnev tabel (Tabel 1.4.2.) annab ülevaate erinevate mehitamata õhusõidukite ehitustüüpide eelistest ja puudustest, tabeli on koostanud logistikafirma DHL.

Tabel 1.4.2. Mehitamata õhusõidukite võrdlus ehituse järgi (Innovation, 2014)

Nimetus	Eelised	Puudused	
Jäigatiivaline	<ul style="list-style-type: none"> vastupidavus pika vahemaa läbivus 	<ul style="list-style-type: none"> horisontaalne startimine, mis on ruuminõudev nõrk manööverdusvõime võrreldes vertikaalse stardi ja maandusega õhusõidukiga 	A 
Kaldukiivaga	<ul style="list-style-type: none"> kombinatsioon jäigatiivalisest ja vertikaalse stardimaandumisega masinast 	<ul style="list-style-type: none"> tehnoloogiliselt keeruline kulukas 	B 
Mehitamata kopter (pöörleva tiivaga)	<ul style="list-style-type: none"> vertikaalne startmaandumine manööverdusvõime võimeline vedama suuremaid raskuseid 	<ul style="list-style-type: none"> kulukas suhteliselt hooldusnõuded 	C 
Multikopter (mitme rootoriga)	<ul style="list-style-type: none"> odav lihtne startimisvõimalusega kerge mass 	<ul style="list-style-type: none"> piiratud veose mass kerge massi tõttu tundlik tuule suhtes 	D 

A: (Baam Tech) B: (Defence Turkey) C: (Naval Technology) D: (Hwang, 2018)

1.5. Mehitamata õhusõidukitel kasutatavad lisaseadmed

Mehitamata õhusõidukitel kasutatakse aina enam erinevaid lisaseadmeid, olenevalt eesmärgist ning võimekusest on kasutusel aerofotokaamerad, aerolaserskannerid, soojuskaamerad, multispektraalkaamerad ning kaasaegsetel õhusõidukitel on sageli juba tootja poolt lisatud RTK seade. Töö autor annab lühikese ülevaate antud seadmetest.

1.5.1 Kaamerad

Mehitamata õhusõidukitel kasutatakse kõige sagedasemalt kahte tüüpi kaameraid: RGB- ja multispektraalkaamera. RGB kaamerad on võimelised salvestama kolme erinevat spektrivärvi, sisuliselt näeb RGB kaamera sedasama, mida on võimeine nägema inimese silm. Multispektraalkaamerad on võimelised salvestama ligi kümmet spektrivahemikku, samuti on antud kaamera tüüp võimeline salvestama lähiinfrapuna osa.

RGB kaamerad on sageli tavalised fotokaamerad, mis salvestavad kolme spektrivärvi, tuntud on need kaamerad ka RGB kaamera nime all. RGB nimetus tuleneb inglisekeelsetest värvi nimedest R- *red* (punane) G- *green* (roheline) B- *blue* (sinine). Pildistamine toimub eelnevalt lennuplaneerimistarkvaras kindlaks määratud pildistamiskohtadel ning kaardistamine toimub automaatselt eelneva plaani baasil. Peamiselt kasutatakse lainurkobjektiive, sageli on kasutusel UAV seadmetel ka tavalised peegelkaamerad, mis on eelnevalt kalibreeritud. (Kohv, 2018)

Mehitamata õhusõidukitel on tänapäeval tavaliselt juba sisseehitatud kaamera. DJI Mavic Air 2s (joonis 1.5.1.1.) varustusse kuulub kaamera, millel on efektiivseid piksleid 20 MP ning piksli suurus 2.4µm. Suumida saab antud seadmega kuni 8 korda. (Prokaamera)



Joonis 1.5.1.1. DJI Mavic Air 2s (Prokaamera).

Multispektraalkaamera on võimeline salvestama kuni kümme spektrivärvi, enim on seda tüüpi kaamera kasutusel taimestiku uuringutel. Põhjuseks on see, et lisaks spektrivärvidele salvestab multispektraalkaamera ka infrapunalaineid, mis on tundlik klorofüllile. Multispektraalkaameraga on võimalik ka määrata taimkatte kõrgust, pinnasemudeli ja klorofüllis sisaldust taime lehtedes. Antud kaamera suurus ja hind on võrreldav tavalise fotokaameraga, samas andmed, mida saadakse, on keerukamad ja nende järeltöötlus on keerukam. (Kohv, 2018)

Eesti Maaülikoolis viiakse läbi hetkel uurimistööd Tartu erinevate piirkondade kuumasaarte ning rohe- ja sinitaristu tuvastamine mehitamata õhusõidukite abil. Antud töös on kasutusel ka multispektraalkaamerad. (Kokamägi, Tartu erinevate piirkondade..., 2020)

Multispektraalkaamera on peamiselt kasutusel just loodusega seotud töödel: taimestiku uurimine, metsandus. Tallinna Ülikoolis viidi läbi väliuuringud, kus kasutati mehitamata õhusõidukit multispektraalkaameraga (joonis 1.5.1.2.). Saadud fotode abil töödeldi projektialal taimkatte erinevuse indeksid. Multispektraalkaamera annab võimaluse teha valevärvi pilte, mida kasutati. Roheline toon näitab kõrgeid väärtusi, lilla toon aga madalaid väärtusi. (Pajula, 2017)



Joonis 1.5.1.2. SenseFly eBee drooni multispektraalkaameraga Parrot Sequoia. Foto: Kairi Sepp (Pajula, 2017).

Soojuskaamera, tuntud ka kui termokaamera, annab võimaluse visuaalselt kuvada erinevate pindade temperatuuri erinevusi. Saadud tulemused, mida saadakse, on kalibreeritud ning absoluutskaalas. Sageli kasutatakse antud seadmeid laavavoolude kaardistamiseks, samuti põhjavee sissevoolude uurimiseks. Lisaks kasutatakse termokaameraid päästetöödel, näiteks metsatulekahjudel. Soojuskaamerad on võrreldes tavaliste kaameratega palju kallimad, samas suurus ja mass on sarnane. (Kohv, 2018)

Päästeamet on võtnud kasutusele mehitamata õhusõidukid, et jälgida metsatulekahjusid, samuti on UAV seadmed olulised demineerimistöodel, tehaste põlengutel, samuti kasutatakse termokaameraid kannatanute otsingutel. (Päästeamet, 2020)

Mehitamata õhusõidukite edasimüüja Droon.ee pakub oma tootevalikus E10T termokaamerat (joonis 1.5.1.3). Tegemist on kombineeritud termo- ja päevakaameraga, antud kaamera võimaldab lennata kuni 28 minutit ning on võimeline pöörlema täisringi. Antud kaamera annab võimaluse teha kaugseiret, ei ole vajalik minna objektile liiga lähedale. Spektrivahemik on E10T kaameral 8-14 μm ja tundlikkus $< 50 \text{ mK}$. (Droon.ee, 2020)



Joonis 1.5.1.3. E10T termokaamera (Droon.ee, 2020).

1.5.2. Aerolaserskanner

Aerolaserskaneerimine, tuntud ka kui LIDAR (*Light Detection and Ranging*), töö eesmärgiks on digitaalse maapinna mudeli loomine. Mõõdistamine toimub läbi laserimpulsside tagasipeegeldumise ajamõõtmisest, millest saadakse kaugus mõõdetud punktini. Igale punktile omastatakse koordinaadid. (Maa-amet, 2021)

Mehitamata õhusõidukitel kasutatavad LIDAR seadmed on väiksed võrreldes LIDAR seadmetega, mida kasutatakse mehitatud lennukitel. Piirid seab mehitamata õhusõidukitel kasutatavate seadmete juures mass. Näitena võib tuua aerolaserskanneri SF30/C (joonis 1.5.2.1), mis kaalub 36 grammi ning töötama 100m kõrgusel, antud LIDAR seade on võimeline mõõtma 20 tuhat punkti sekundis. Andmeid saab 2D kui ka 3D formaadis. (Lightware)



Joonis 1.5.2.1. Aerolaserskaner SF30/C (Lightware).

1.5.3. RTK seade

Tänapäevastel mehitamata õhusõidukitel on suurel osal seadmetest lisatud GNSS andur. GNSS (*global navigation satellite system*) on väga oluline, kui õhusõiduk peab tegema iseseisvalt tööd, näiteks etteplaneeritud maa-ala mõõdistama. Kui õhusõidukile on lisatud GNSS vastuvõtja, saab igale mõõdetud punktile kohe mõõtmise hetkel kindlad koordinaadid. Mõõtmistäpsus võib olla aga erinev, vastavalt sellele, palju satelliite seade leiab ning kui tugevad on signaalid, mida saadakse. (Flynt, 2019)

Eestis laialdaselt levinud mehitamata õhusõiduk DJI Phantom 4 RTK (joonis 1.5.3.1.) on mehitamata õhusõiduk, millel on sisse ehitatud RTK vastuvõtja. Tegemist on seadmega, mis suudab positsioneerida ennast sentimeetri täpsusega. Seadet on võimalik kasutada väga edukalt ka kohtades, kus on tihe asustus või satelliitidelt saadavate signaalide segajaid. Antud õhusõiduk nõuab vähem maapealseid kontrolljaamu, kust saadakse parandusi satelliitidelt asukoha

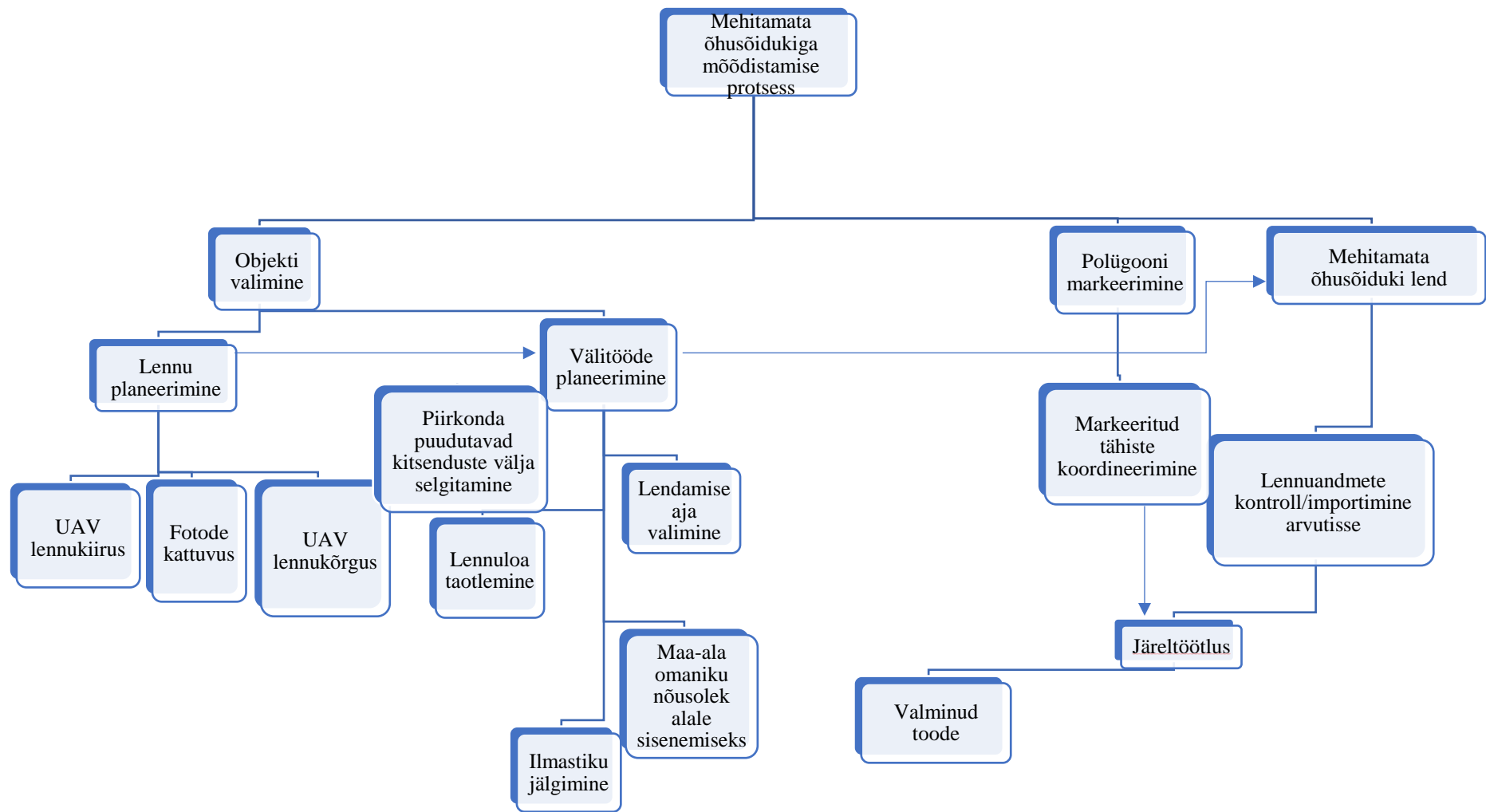
määramiseks, võrreldes teiste sarnaste õhusõidukitega. Salvestatud piltidel on võimalik reaajas positsioneerimisandmeid muuta täpsemaks, mis annab ajalist kokkuhoidu järeltöötluses. Phantom 4 toetab GPS, GLONASS, Beidou ja GALILEO signaale. (Droon.ee, 2021)



Joonis 1.5.3.1. DJI Phantom 4 RTK (Droon.ee, 2021).

1.6. Mehitamata õhusõidukiga mõõdistamise protsess

Mehitamata õhusõidukiga mõõdistamise protsess on sarnane klassikalisele fotogrammeetrilisele lennule lennukiga. Enne lendama asumist tuleks silmas pidada erinevaid faktoreid (joonis 1.6.1.) ning olla kindel, et eelnevalt kõik tegevused läbi mõelda, see aitab kokku hoida aega ning ka raha.

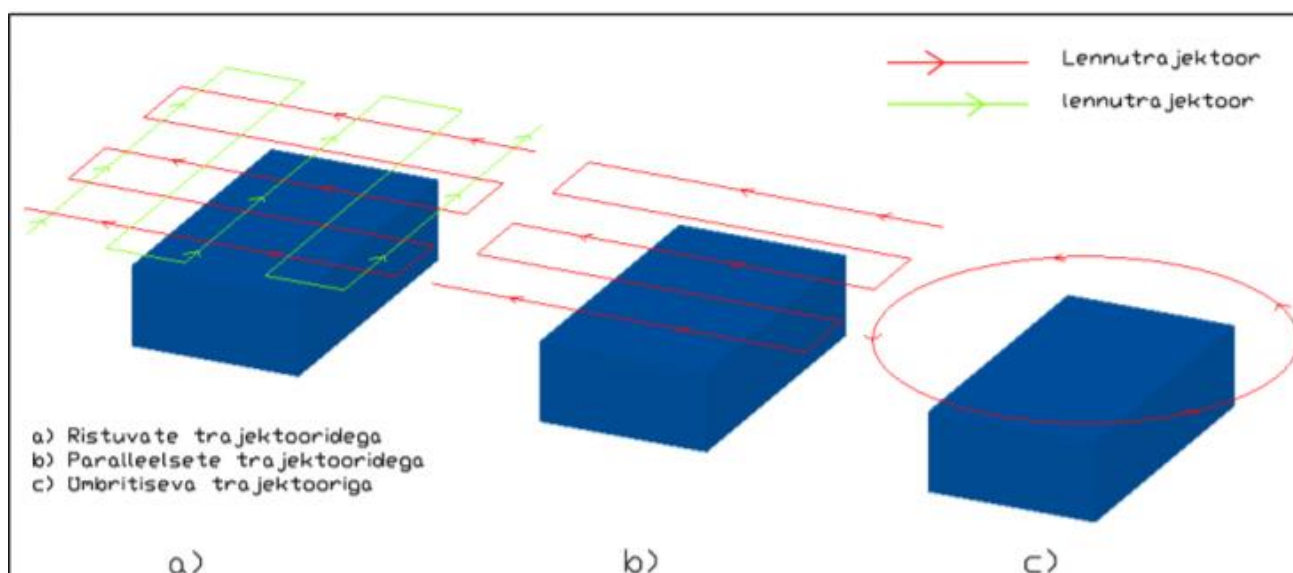


Joonis 1.6.1. Mehitamata õhusõidukiga mõõdistamise protsess.

1.6.1 Lennu planeerimine

UAV mõõdistuste läbiviimisel on oluline lennu planeerimine, et tagada soovitud täpsus, põhilised parameetrid, mida jälgitakse on lennukiirus, lennukõrgus, lennutrajektoor, fotode ülekattumine ja kaamera asend.

Aeropildistamist soovitatakse läbi viia korrapäraste trajektooridena (joonis 1.6.1.1.) Trajektooride planeerimine on oluline, et oleks tagatud piisav fotode põiki- ja pikikattumine, samas, kui mõõdistatakse vaid näiteks maja, on otstarbekas kasutada objekti ümbritsevat lennutrajektoori. (Resev, 2019)

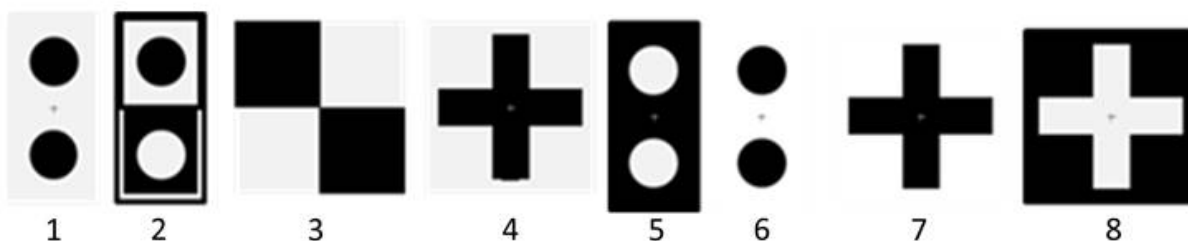


Joonis 1.6.1.1. UAV mõõdistamise erinevad lennutrajektoorid (Resev, 2019).

1.6.2 Markeerimine

Markeerimine on füüsilisele objektile kindlate koordinaatide määramine. Markeerimispunkte kasutatakse UAV piltide järeltöötlemisel georefereerimiseks. Minimaalseks markeerimispunktide hulgaks peetakse kolme, mida rohkem on markeeritud punkte, seda täpsem on loodud punktipilv, 3D mudel ja ortomosaiik. Enim kasutatakse PVC materjalist märgiseid (Joonis

1.6.2.1) samuti on aina enam kasutusel aerosoolvärviga märgistamine. (Oniga, Breaban, & Florian, 2018)



Joonis 1.6.2.1. Erinevad markeerimis tähised (Tommaselli & Berveglieri, 2018).

Võimalikult täpsete andmete saamiseks on vajalik kasutada markeerimispunkte. Markeerimispunktide kasutamine tagab lõpp-tulemusele võimalikult suure täpsuse. (Oniga, Breaban, & Florian, 2018)

1.6.3 Lendamine

Mehitamata õhusõiduki kasutamine on aina enam kasutust saav vahend. Enne lendamist peaks siiski tähelepanu pöörama mõningatele teguritele, mis aitavad kaasa kvaliteetsete andmete kogumisele, samuti on oluline, et instrument jääks terveks ja oleks ka tulevikus kasutuskõlblik. (Veebidoktor, 2019)

Tabelis (Tabel 1.6.3.1) on välja toodud mõningad tähtsamad aspektid, mida peaks mehitamata õhusõidukit kasutades arvestama.

Tabel 1.6.3.1. Mehitamata õhusõidukiga lendamise juures olulised aspektid (Veebidoktor, 2019).

Tuul	Tuul võib olla ettearvamatu, mehitamata õhusõidukite disainimisel on küll arvestatud tuulega, aga kvaliteetsete andmete saamiseks tuleks valida võimalikult tuulevaikne ilm
------	---

	lendamiseks. Soovituslik on lennata mitu korda, et ei peaks hilisemalt märkama, et saadud andmed ei sobi.
Päikese suund	Mehitamata õhusõiduki kasutamisel tuleb arvestada päikese suunaga, kui päike on nõ vastu, võib see saadud andmeid kasutuskõlbmatuks muuta. Samuti tuleks jälgida, et päikese abil tekitatud varjud ei muudaks tegelikkust.
Lennuluba	Enne lendamist tuleb kindlaks teha, kas on vaja lennuluba, millised piirangud kehtivad antud piirkonnas. (vt peatükk 1.3.)
Drooni valdamine	Alati tuleb olla kindel oma oskustes, juhul kui tegemist on raske piirkonnaga (puud, võsa jne), tuleks eelnevalt harjutada mehitamata õhusõiduki lennutamist, et vältida võimalikke õnnetusi.

1.6.4 Andmetöötluse tarkvara

Mehitamata õhusõiduki abil saadud andmetele tehakse tavaliselt järeltöötlus, et vähendada vigu ning viia saadud andmed vajalikku formaati. Kasutusel on palju erinevaid tarkvaru, mida kasutatakse, igal kasutajal on väljakujunenud endale sobiv. Sageli kasutatavad on aga *Pix4D*, *AutoDesk ReCap* ning *AutoDesk Civil*.

Pix4D peakontor asub Šveitsis, eesmärgiks on luua fotogramm-meetria tarkvara. *Pix4D Mapper* tarkvaraga on võimalik andmeid töödelda lokaalselt arvutis või kohe üles laadida internetti (Konsin, 2020).

CloudCompare on loodud 3D-punktipilve töötlemiseks, tegemist on avatud vabavaraga. Antud tarkvara kasutatakse sageli punktipilvede liitmiseks ning lõikamiseks. (Konsin, 2020).

Autodesk ReCap Pro on Autodeski 3D-punktipilve tarkvara. Süsteemi kasutatakse, muutmaks .las failid .rcp failideks. Saadud failid on sobivad teistele *Autodesk* tarkvaradele. (Konsin, 2020).

AutoDesk Civil 3D kasutatakse tavaliselt 3D-punktipilvedest pinnamudeli loomiseks. Antud tarkvara on teada ka kui infrastruktuuri projekteerimiseks kasutatav tarkvara. (Konsin, 2020).

Eesti Maaülikoolis kaitstud bakalaureuse töös kasutati *Trimble Business Center* programmi, tööd alustati andmetöötlust programmi mõõdistusandmete lisamisega. Seejärel lisati programmi ka markeeritud punktide koordinaadid, mis olid mõõdetud elektrontahhümeetriga. Sisestatud andmed orienteeriti sisemiselt, vastastikuliselt ning väliselt, seejärel programm liitis pildid esmaselt kokku. Andmetöötlus on väga ajamahukas tegevus, antud töö autorid toovad välja, et kogu töö tegemiseks läks neil aega 200-250h. (Rahu & Siim, 2019)

2. MEHITAMATA ÕHUSÕIDUKITE KASUTAMISE ÜLEVAADE ERINEVATES EESTI ASUTUSTES

Bakalaureusetöö eesmärgiks on uurida mehitamata õhusõidukite kasutamist Eesti erinevates asutustes.

Autor püstitas järgmised hüpoteesid:

- Mehitamata õhusõidukite kasutamine on enamlevinud eraettevõtetes, võrreldes riigiasutuste ning koolidega.
- Mehitamata õhusõidukite kasutuselevõtmine erinevatel mõõdistustöödel on aina enam populaarsust koguv.

2.1 Töö metoodika

Käesoleva uurimistöö andmed koguti ankeetküsitluse meetodil, mis viidi läbi veebikeskkonnas, kasutades programmi Google Docs. Küsitluse käigus selgitati välja mehitamata õhusõidukite kasutamine Eestis, eelkõige geodeesia ning fotogramm-meetria suunal. Ankeetküsitlus saadeti välja 46 erinevale ettevõttele, ülikoolile ning riigiasutusele. Vastuseid saadi 20. Sihtgrupiks olid erinevad geodeesiafirmad (26 ettevõtet) üle kogu Eesti, erinevad ülikoolid (10 ülikooli) ja riigiasutused (11 riigiasutust), kes potentsiaalselt võivad oma töös kasutada mehitamata õhusõidukeid.

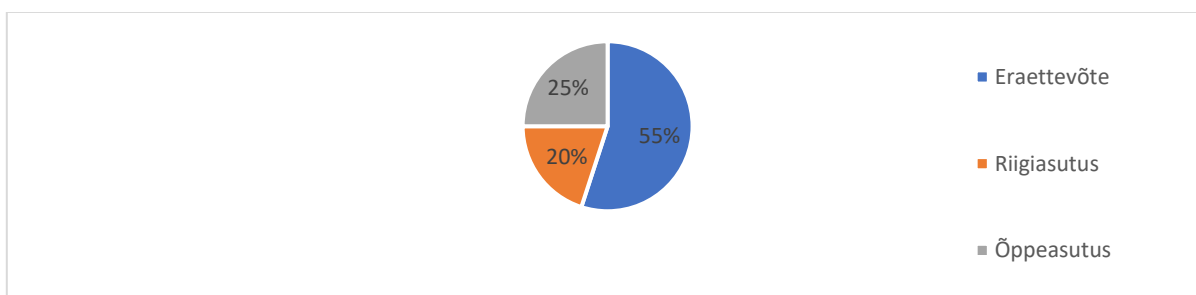
Ankeet koosnes 33 küsimusest, millest 5 olid kinnised ehk ette oli antud kindlate vastusevariantidega küsimused. Poolkinniseid küsimusi oli kokku 17, ehk küsimused olid

vastusevariantidega, aga vastaja sai lisada oma vastusevariandi. Küsimustikus oli 11 avatud küsimust, kus vastajad said oma sõnadega vastata. Ankeetküsitluse kaks esimest küsimust olid filterküsimused, mis aitasid selekteerida, millisesse valdkonda (eraettevõtte, riigiasutus või õppeasutus) vastaja kuulub, samuti oli küsitud, kas antud ettevõttes kasutatakse mehitamata õhusõidukit. Teisele küsimusele positiivselt vastanud ankeedi täitjatel olid järgnevad küsimused erinevad eitavalt vastanud ankeedi täitjatest.

Ankeedis olid küsimused jagatud tehnikaga seotud küsimusteks, saadud andmetega seotud küsimusteks, tarkvaraga seotud küsimusteks ning seadusandlusega seotud küsimusteks. Ettevõtetele, kes veel ei kasuta mehitamata õhusõidukeid oma töös, olid esitatud küsimused hüpoteetilised. Ankeet saadeti välja 7.aprillil 2021, viimased vastused küsimustikule saabusid 19. aprillil 2021. Kvantitatiivuuringu analüüsiks kasutati programmi Microsoft Office Excel. Saadud andmed on anonüümsed ning vastajat ei ole võimalik tuvastada.

2.2 Töö tulemused

Järgnevalt on välja toodud uurimistöö tulemused. Küsimuste visualiseerimiseks kasutati sektor- tulp- ja lintdiagramme ning tabeleid. Tulemused on jagatud nelja erinevasse valdkonda, milleks on tehnika, andmed, tarkvara ja seadusandlus. Ankeedi täitmise alustamisel paluti küsitluse täitjatel valida, millises asutuses nad töötavad. Küsimustikule vastas 11 eraettevõtet, mis teeb kõikidest vastanutest 55%, õppeasutuste vastuste osakaal kõikidest vastanutest on 25% ehk viis õppeasutust, riigiasutusi võttis küsitlusest osa 4 ehk 20% kõikidest vastanutest (vt joonis 2.2.1). Uurimistöö küsimustik on lisas nr. 1.



Joonis 2.2.1. Küsitluses osalenute liigitumine asutuse põhjal.

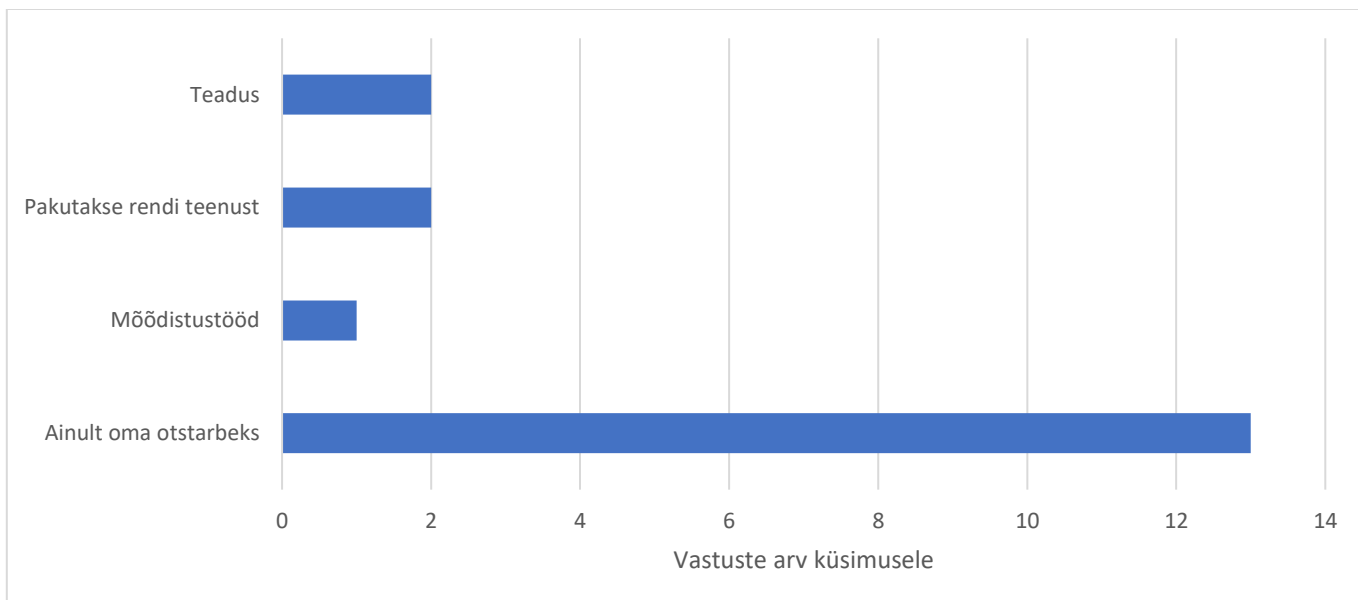
2.2.1 Tehnikaga seotud töö tulemused

Tehnikaga seotud küsimused esitati, et teada saada, milliseid seadmeid erinevad asutused oma töös kasutavad, samuti mis eesmärgil kasutatakse soetatud mehitamata õhusõidukeid, millised on olnud kitsaskohad tehnika kasutamisel. Tehnikaga oli seotud 12 küsimust:

1. millisel eesmärgil ja otstarbel kasutavad erinevad uuringus osalenud asutused mehitamata õhusõidukeid;
2. millise firmamärgi poolt toodetud mehitamata õhusõidukeid küsitluses osalenud asutustes kasutatakse;
3. milliseid lisaseadmeid kasutatakse mehitamata õhusõidukitel;
4. milliste firmade lisaseadmeid kasutatakse erinevate küsitluses osalenud asutuste mehitamata õhusõidukitel;
5. millistes situatsioonides kasutatakse kõige sagedasemalt mehitamata õhusõidukit;
6. millist võrku kasutatakse RTK võimekusega mehitamata õhusõidukit kasutamisel;
7. millisel otstarbel peamiselt kasutatakse UAV seadmeid erinevates asutustes Eestis;
8. kui palju on erinevates asutuses kasutusel mehitamata õhusõidukeid;
9. kui paljud asutused pakuvad teenust teistele asutustele, mis tegutsevad küsimustikule vastajaga sarnases valdkonnas;
10. kuidas saadi eelnevalt andmeid, mille saamiseks nüüd kasutatakse UAV seadmeid;
11. kuhu võiks edasi areneda ja paremaks muutuda mehitamata õhusõidukite kasutamise juures;
12. kus kasutatakse mehitamata õhusõidukeid, kuidas ollakse rahul hetkel olemasoleva(te) instrumentidega.

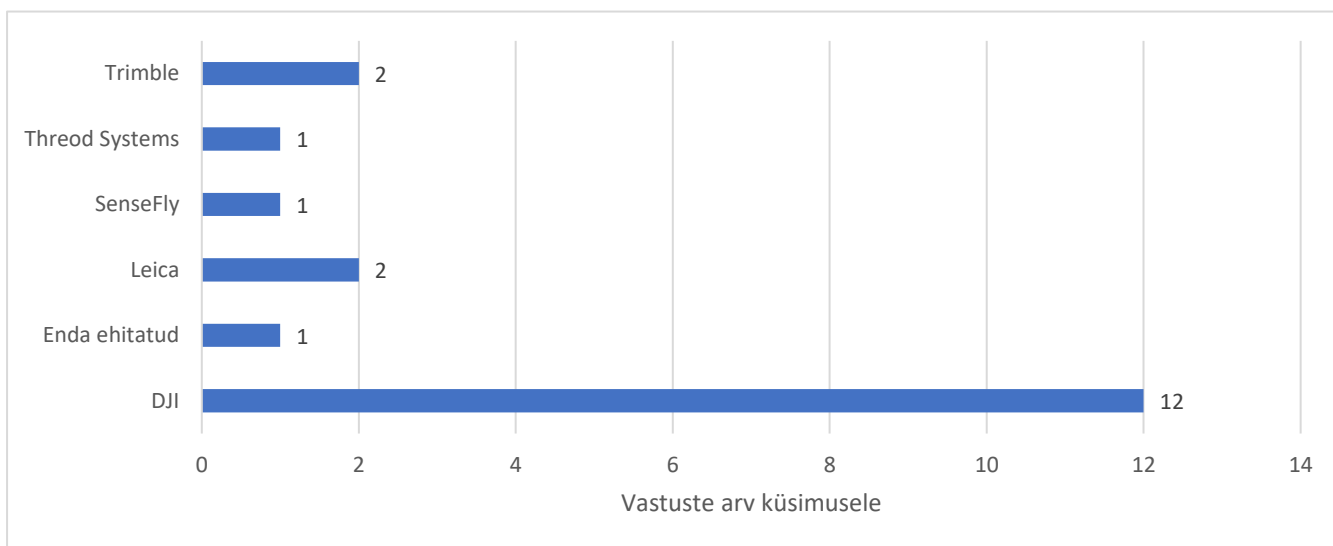
Järgneval joonisel on välja toodud, **millisel eesmärgil ja otstarbel kasutavad erinevad uuringus osalenud asutused mehitamata õhusõidukeid**. Vastustest tuli välja, et 13 asutust, kes omavad vähemalt ühte mehitamata õhusõidukit, kasutavad seda vaid oma otstarbeks. Üks küsitluses osalenutest on välja toonud, et UAV seadmeid kasutatakse mõõdistustöödel, kaks

vastajat on öelnud, et nende asutus pakub mehitamata õhusõidukite renditeenust ning samuti kaks asutust, eeldatavasti koolid, on välja toonud, et mehitamata õhusõidukeid kasutatakse teaduse tegemiseks (vt joonis 2.2.1.1).



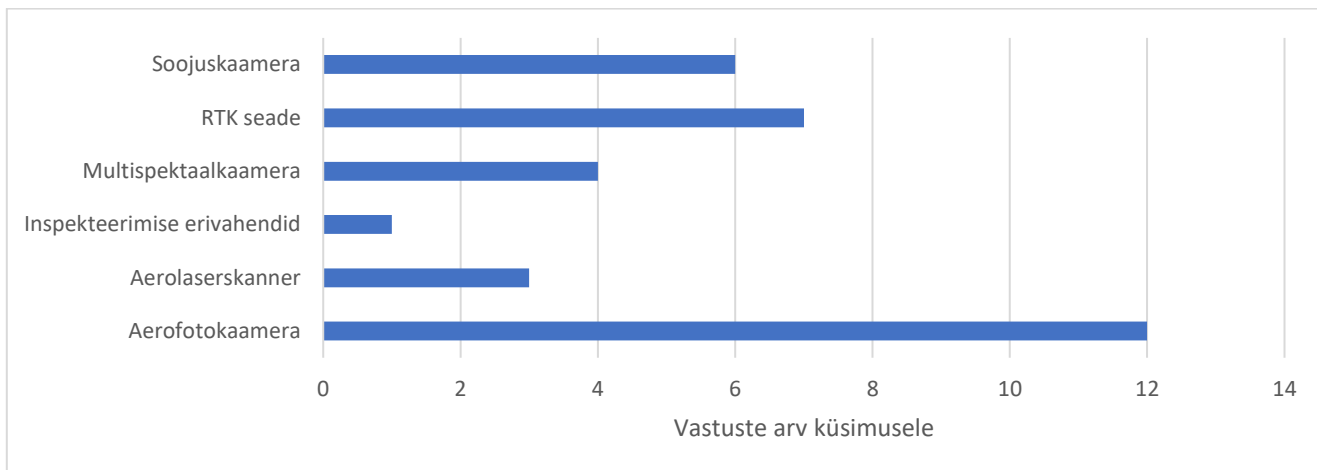
Joonis 2.2.1.1. Vastused küsimusele: „Milline kasutusviis on Teie mehitamata õhusõidukil?”

Järgnev joonis näitlikustab, **millise firmamärgi poolt toodetud mehitamata õhusõidukeid küsitluses osalenud asutustes kasutatakse**. Tuleb välja, et enim kasutatakse DJI kaubamärgi seadmeid, neid on küsitluses osalenud 12 asutuses. Samuti kasutatakse tuntud geodeesia instrumente tootvate ettevõtete (Leica ja Trimble) seadmeid. Üks küsitluses osalenu kasutab SenseFly ja Threod Systems mehitamata õhusõidukeid. Samuti on välja toodud, et üks küsitluses osalenud asutustest omab enda ehitatud õhusõidukit (joonis 2.2.1.2).



Joonis 2.2.1.2. Vastused küsimusele: „Millise firmamärgi mehitamata õhusõidukeid kasutate?“

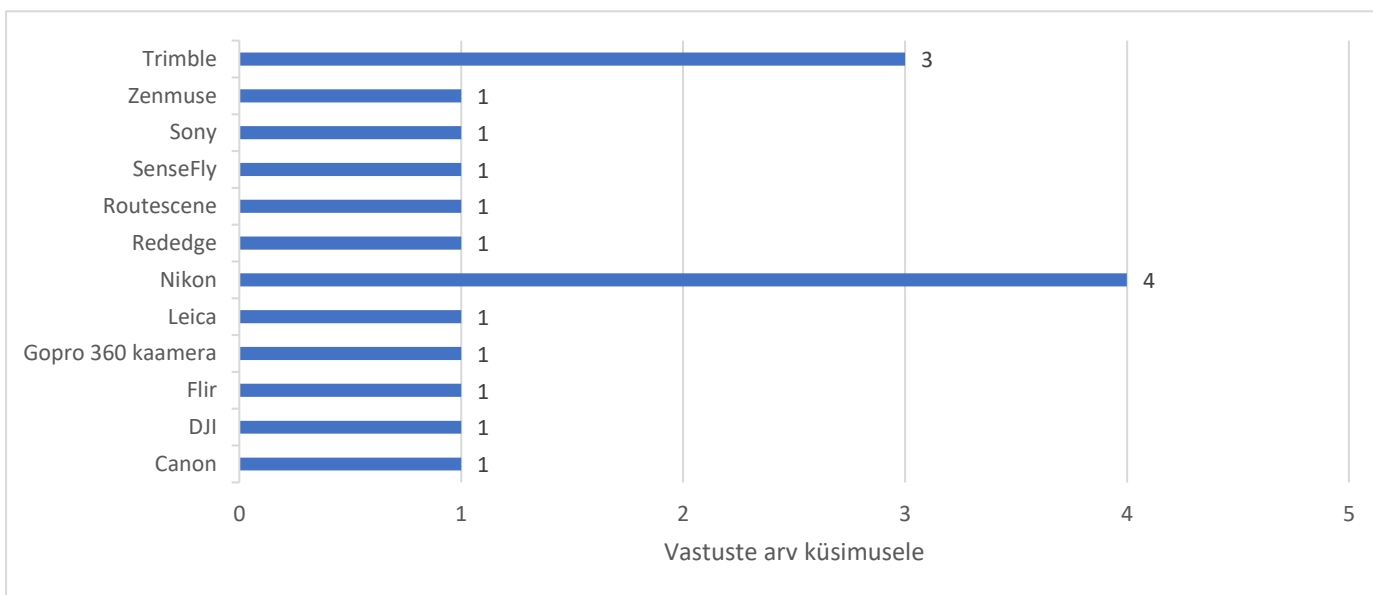
Küsitluses uuriti, **milliseid lisaseadmeid kasutatakse mehitamata õhusõidukitel** (joonis 2.2.1.3). Vastanutest 12 asutust kasutab oma õhusõidukil aerofotokaamerat, seitse küsitluses osalenut on märkinud, et kasutatakse RTK seadet, viiel küsitlusele vastajal on lisaseadmena kasutusel soojuskaamera ning aerolaserskanner, neljal korral on märgitud, et kasutatakse multispektraalkaamerat. Ühel korral on vastatud, et olemasoleval õhusõidukil kasutatakse spetsiaalset inspekteerimise erivahendit.



Joonis 2.2.1.3. Vastused küsimusele: „Millised lisaseadmeid on lisatud Teie õhusõidukile?“

Tulenevalt eelmisest küsimusest toodi välja, **milliste firmade lisaseadmeid kasutatakse erinevate küsitluses osalenud asutuste mehitamata õhusõidukitel** (joonis 2.2.1.4). Enim on välja toodud, et kasutakse Nikon'i tooteid, populaarsuselt teisel kohal on Trimble seadmed.

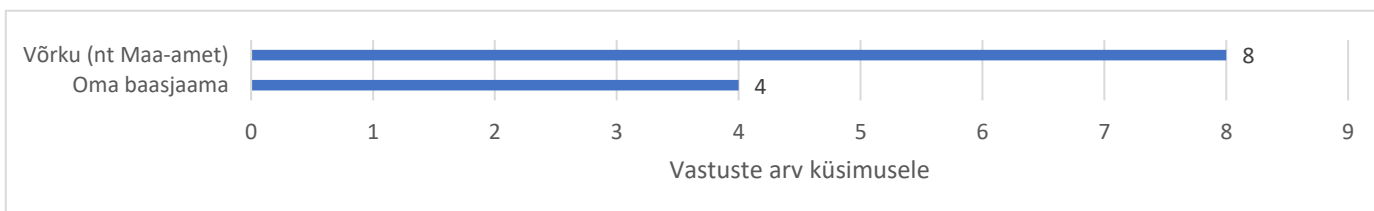
Välja on toodud, et kasutatakse ka: Canon, DJI, Flir, GoPro, Leica, Rededge, Routescene, SenseFly, Sony ja Zenmuse kaubamärgi lisaseadmeid.



Joonis 2.2.1.4 Vastused küsimusele: „Milliste firmade lisaseadmeid kasutate oma mehitamata õhusõidukil?“

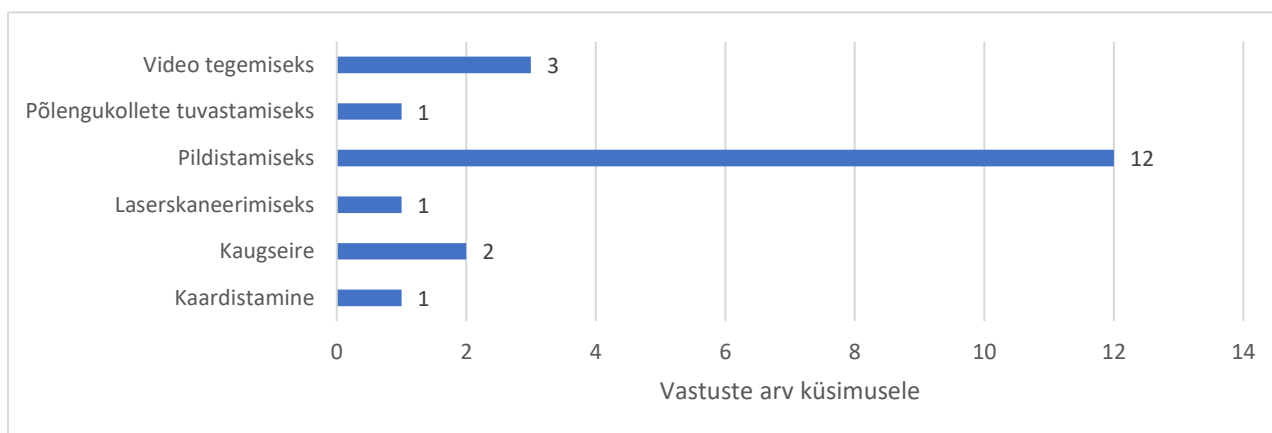
Asutustelt küsiti, **millistes situatsioonides kasutatakse kõige sagedasemalt mehitamata õhusõidukit**. Erinevad vastajad tõid näitena välja erinevaid situatsioone: progressifotode ja -videode tegemiseks, seire, uurimistöö, geoaluste koostamiseks, metsa- ja maastikutulekahjude korral, jääolude vaatlemiseks, dokumenteerimiseks, seireks ning suurtest aladest RGB fotode tegemiseks.

Joonisel 2.2.1.5 tuuakse välja, **millist võrku kasutatakse RTK võimekusega mehitamata õhusõiduki kasutamisel**. Vastanutest kaheksal korral kasutatakse mõne teise asutuse võrku, näiteks Maa-ameti poolt loodud. Poole vähem, neljal korral, on vastatud, et RTK võimekusega õhusõiduki lennutamisel kasutatakse oma baasjaama.



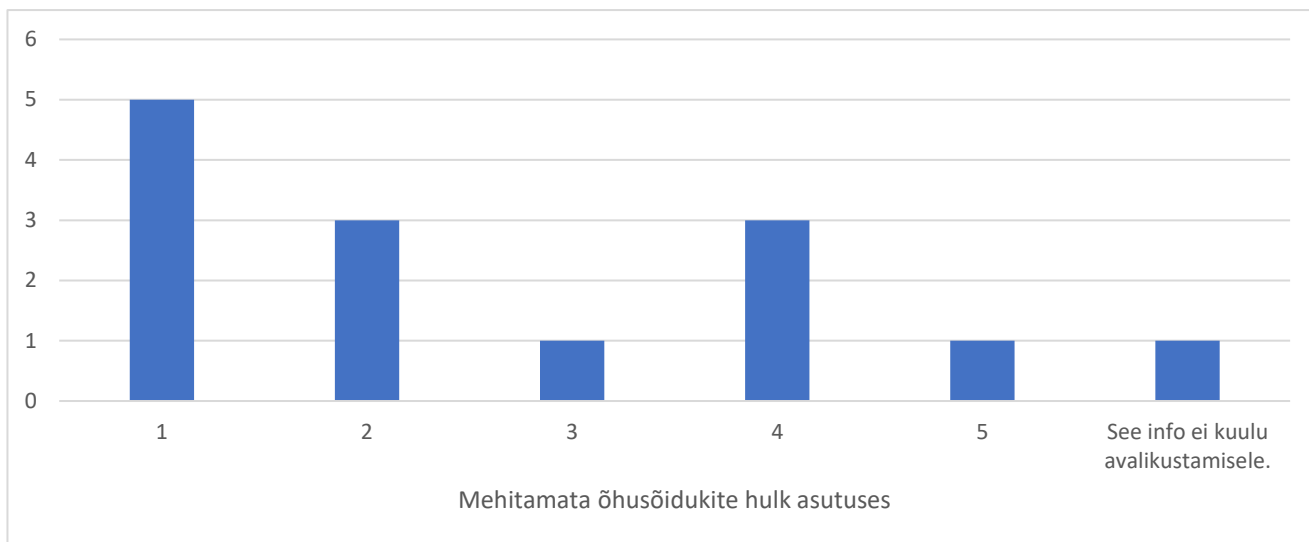
Joonis 2.2.1.5. Vastused küsimusele: „Kui kasutate RTK võimekusega mehitamata õhusõidukit, millist võrku kasutate?“

Joonis 2.2.1.6 annab ülevaate küsimusele, **millisel otstarbel kasutatakse peamiselt UAV seadmeid erinevates asutustes Eestis**. Uurimuses tuleb välja, et enim kasutatakse mehitamata õhusõidukeid pildistamiseks, sellel otstarbel kasutab õhusõidukeid vastanutest 12 asutust. Kolm küsitluses osalenud asutust kasutab mehitamata õhusõidukeid video tegemiseks, kahel juhul kasutatakse aga UAV seadet kaugseire tegemisel. Samuti on ankeedi täitjad välja toonud, et mehitamata õhusõidukit kasutatakse kaardistamiseks, laserskaneerimiseks ja põlengukollete tuvastamiseks.



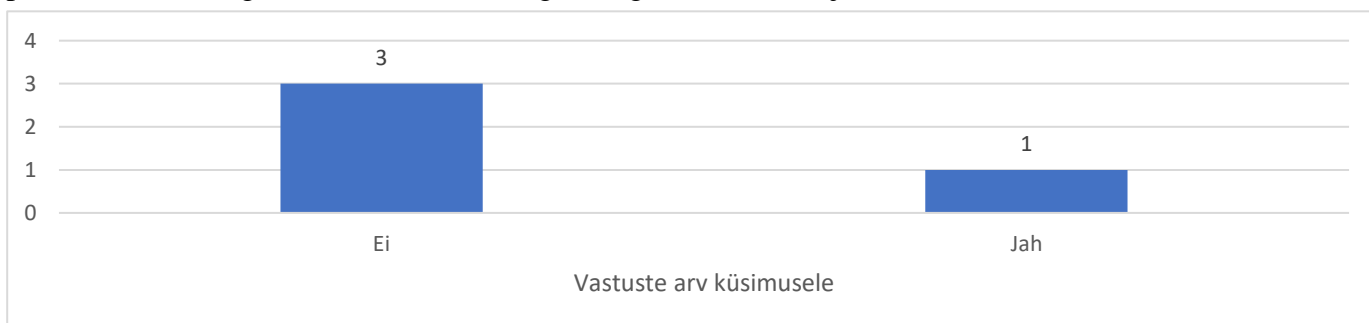
Joonis 2.2.1.6. Vastused küsimusele: „Mis otstarbel peamiselt kasutate UAV seadmeid?“

Järgnevalt antakse ülevaade, **kui palju on erinevates asutuses kasutusel mehitamata õhusõidukeid** (joonis 2.2.1.7). Viiel juhul on märgitud, et asutuses/osakonnas on kasutusel üks mehitamata õhusõiduk. Kolmel korral on märgitud, et kasutuses on kaks õhusõidukit. Kolm UAV seadet on kasutusel ühes asutuses. Neli mehitamata õhusõidukit on kolmel asutusel, viit õhusõidukit saab kasutada üks asutus ning üks küsimustikule vastaja on märkinud, et antud info ei kuulu avalikustamisele.



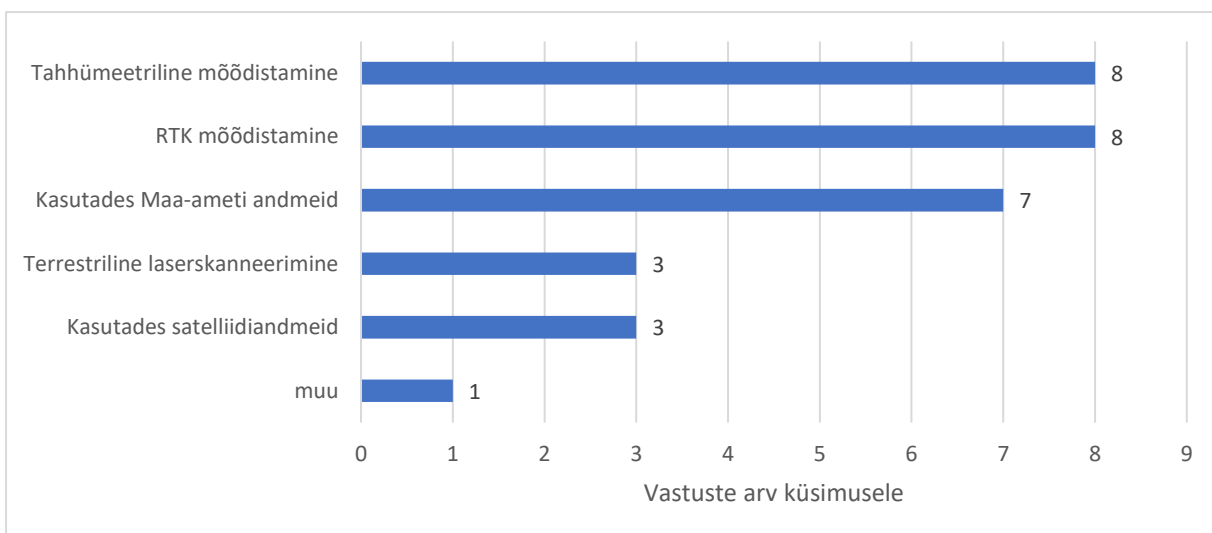
Joonis 2.2.1.7. Vastus küsimusele: „Mitut mehitamata õhusõidukit Teie asutuses/osakonnas kasutate?“

Edasi antakse ülevaade, **kui palju asutusi pakub teenust teistele asutustele, mis tegutsevad küsimustikule vastajaga sarnases valdkonnas**. Kolmel juhul vastanutest on teada, et ei pakuta teenust. Vaid üks asutus pakub oma seadmega teenust teistele. Toodi välja, et teenust pakutakse teistele geodeesiafirmadele ning ka riigiasutustele (vt joonis 2.2.1.8).



Joonis 2.2.1.8. Vastus küsimusele: „Kas pakute oma seadmetega ka teenust teistele samas valdkonnas tegutsevatele asutustele?“

Allolev joonis annab ülevaate, **kuidas saadi eelnevalt andmeid, mille saamiseks nüüd kasutatakse UAV seadmeid**. Küsitluses osalejad märkisid, et enim kasutati eelnevalt tahhümeetrilist ja RTK mõõdistamist, seda viisi kasutasid kaheksa vastajat. Samuti kasutati Maa-ameti andmeid, seda tegi seitse vastajat. Terrestrilist laserskaneerimist ja satelliidiandmeid kasutades said andmeid kolm küsimustikule vastanut. Üks ankeedile vastajatest on märkinud, et kasutati muid viise (vt joonis 2.2.1.9).



Joonis 2.2.1.9. Vastus küsimusele: „Kuidas viisite läbi eelnevalt sarnaseid töid, kui ei olnud kasutusel UAV seadmeid?“

Küsitluses sooviti teada saada, **kuhu võiks edasi areneda ja paremaks muutuda mehitamata õhusõidukite kasutamine**. Üks vastaja tõi välja, et paremaks võiks muutuda mõõdistustööde täpsus igas olukorras, näiteks erinevatel maastikel, samuti võiksid olla UAV seadmed vähem ilmastikust sõltuvad.

Viimase küsimusena esitati asutustele, **kus kasutatakse mehitamata õhusõidukeid, kuidas ollakse rahul hetkel olemasoleva(te) instrumentidega**. Tabelis 2.2.1.1 on välja toodud, et viis vastajat on täiesti rahul ning enam-vähem rahul hetkel olemasoleva seadmega, samas kaks küsitlusele vastanud asutust ei ole rahul. Vastajad tõi välja, et plaanitakse lähiajal soetada ka RTK võimekusega mehitamata õhusõiduk koos vajamineva tarkvaraga. Üks vastaja tõi välja, et võiks olla võimekam suumikaamera ning samuti parem termokaamera. Samuti tõi üks küsimustiku täitja välja, et hetkel olemasoleva hinna ja kvaliteedi suhe on paigas.

Tabel 2.2.1.1. Vastused küsimusele: „Kuidas olete rahul hetkel olemasoleva(te) instrumentidega?“

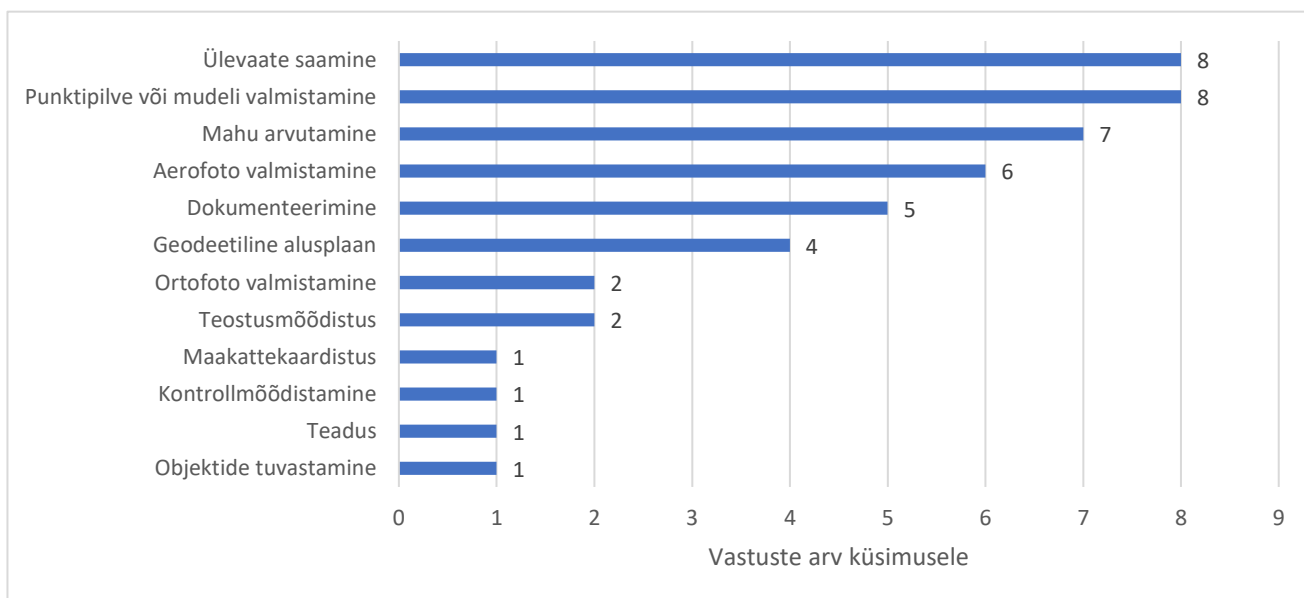
Ei ole rahul	2
Enam-vähem rahuldav	5
Täiesti rahul	5

2.2.2 Andmetega seotud töö tulemused

Andmetega seotud küsimused esitati erinevatele asutustele, et teada saada, milleks ja kuidas kasutatakse andmeid, mida saadakse mehitamata õhusõidukite lennutamistel. Küsiti ka, kas ja millised on asutustes tehtavad markeerimistööd. Andmete osas esitati kolm küsimust:

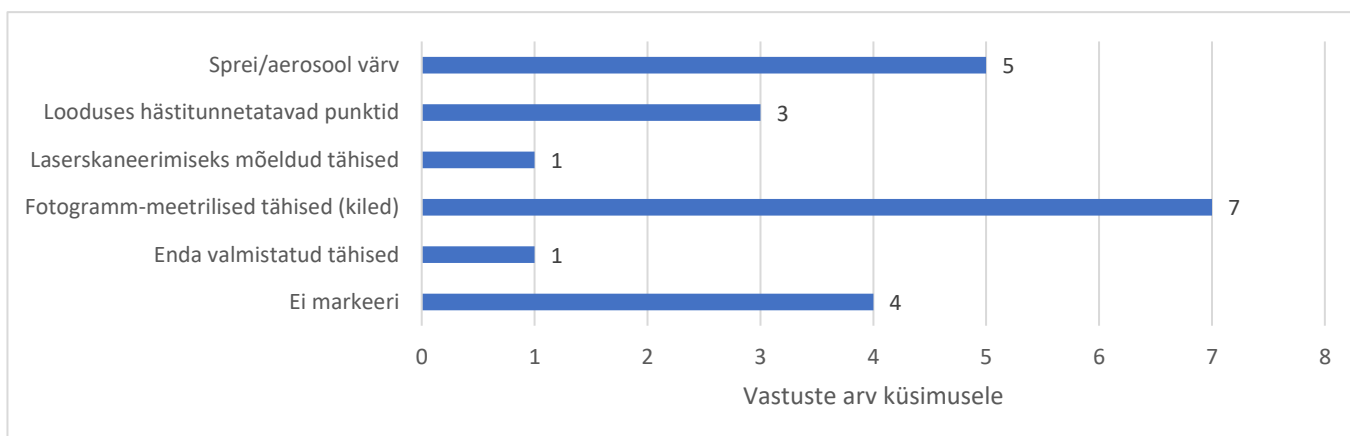
1. millisel eesmärgil kasutatakse mehitamata õhusõidukiga saadud andmeid;
2. milliseid vahendeid kasutatakse markeerimistöödeks eelnevalt mehitamata õhusõidukiga lendamist;
3. kui enne UAV lendu markeerimistööd ei tehta, millest on see tingitud.

Joonisel 2.2.2.1 on näidatud, **millisel eesmärgil kasutatakse mehitamata õhusõidukiga saadud andmeid**. Kaheksal korral on märgitud, et saadud andmeid kasutatakse ülevaate saamiseks ning samuti punktipilve või mudeli loomiseks. Seitsmel korral on märgitud, et andmeid kasutatakse mahu arvutamiseks, aerofotode valmistamiseks kasutatakse saadud andmeid kuuel korral. Viis küsimustiku täitjat on märkinud, et kasutab UAV seadmega saadud andmeid dokumenteerimiseks. Geodeetilise alusplaani koostamiseks kasutab mehitamata õhusõidukiga saadud andmeid neli vastanut. Ortofoto- ja teostusmöödistuse valmistamiseks kasutab UAV seadmelt saadud andmeid kaks vastajat. Lisaks kasutatakse mehitamata õhusõiduki andmeid maakattekaardistuse, kontrollmöödistuse, teaduse ja objekti tuvastamiseks.



Joonis 2.2.2.1. Vastused küsimusele: „Millisel eesmärgil kasutate saadud andmeid?“

Edaspidiselt on välja toodud, **milliseid vahendeid kasutatakse markeerimistöödeks eelnevalt mehitamata õhusõidukiga lendamist**. Seitsmel korral on välja toodud, et kasutatakse fotogramm-meetrilisi tähiseid, mis on laialdasemalt tuntud kiledena. Viis vastajat on märkinud, et nende asutuses kasutatakse spreiaerosool värvi. Neli küsitluses osalejat vastas, et ei tehta markeerimist. Kolm osalejat on märkinud ka, et kasutatakse looduses mõnd hästitunnetatavat punkti. Samuti lisasid osalejad, et kasutatakse laserskaneerimiseks mõeldud tähiseid ning kasutusel on ka enda valmistatud tähised (vt joonis 2.2.2.2).



Joonis 2.2.2.2. Vastused küsimusele: „Kui teete markeerimistööd, mis vahendiga?“

Asutustelt, kes märkisid, et nemad **ei vii läbi enne UAV lendu markeerimistööd, uuriti, millest on see tingitud**. Toodi välja, et hetkel mehitamata õhusõiduki kasutamise otstarbeks ei ole vajadust, sest tehakse vaid fotosid. Üks vastaja tõi välja, et mahuarvutuste korral ei ole ilmtingimata markeerimine vajalik, aga aeg-ajalt seda siiski tehakse. Samuti toodi välja, et kui töö eesmärgil ei ole kõrguskomponent oluline, piisab ka RTK võimekusega mehitamata õhusõiduki täpsusest, sest üldjuhul on see ammendava täpsusklassiga. Küsitluses toodi välja ka aspekt, et hüdroloogias läbiviidavate tööde juures, kus kasutatakse mehitamata õhusõiduki võimalusi, ei ole markeerimist vaja eelnevalt läbi viia.

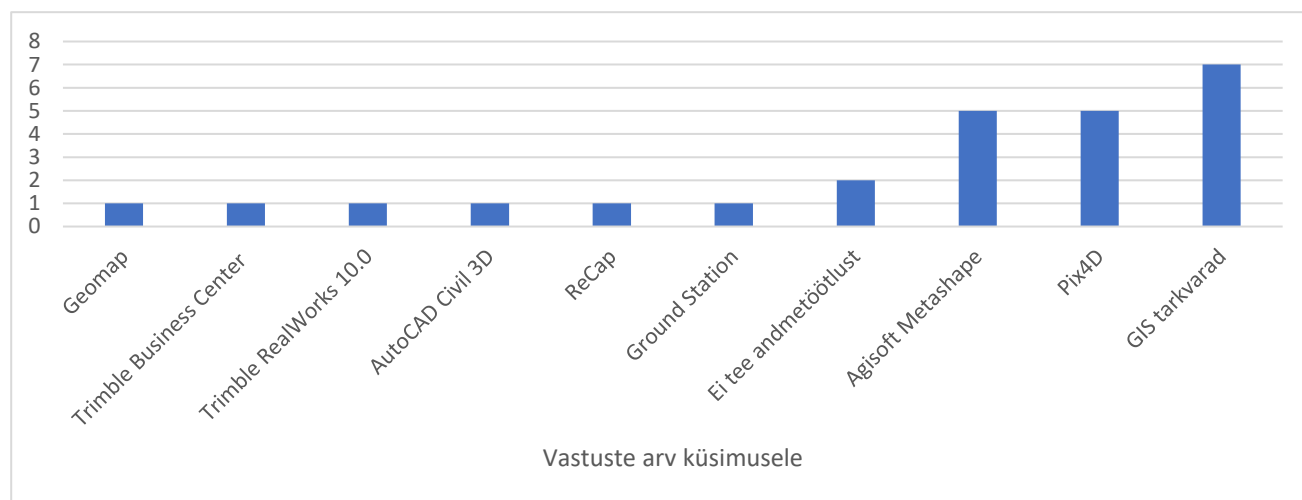
2.2.3 Tarkvaraga seotud töö tulemused

Tarkvaraga seotud küsimustega sooviti teada saada, millises formaadis saadakse tulemusi, mida järeltöötluses kasutatakse, et valmiks lõpptoode. Kokku esitati kaks küsimust, mis olid seotud tarkvaraga:

1. millises formaadis on saadud andmed;
2. millist tarkvara kasutate andmetöötluks.

Küsitluses osalenud töid välja, **millises formaadis saadud andmed on:** .jpg, .mov, .tif ning .las formaadis. Toodi välja, et kasutusel on kõik rasterpildi formaadid, enamlevinud punktipilve formaadid ja ka 3D mudelite failid, lõpptulemina kasutatakse dwg jooniseid ja mudeleid. Samas toodi välja, et tarkvarad võiksid muutuda lihtsamaks. Ühe ettepanekuna märgiti, et tarkvarafirmad võiksid arendada automaatset objektituvastust.

Joonisel 2.2.3.1 on välja toodud, **milliseid tarkvarasid kasutavad erinevad asutused andmetöötluks.** Kõige enam kasutatakse erinevaid GIS tarkvarasid, seda võimalust on märkinud seitse küsitluses osalenud asutust. Viis vastajat on märkinud, et kasutavad *Pix4D* ja *Agisoft Metashape* andmetöötlustarkvarasid. Kolm asutust on välja toonud, et nende asutustes ei viida läbi andmetöötlust. Välja on toodud, et kasutatakse ka *Ground Station*, *ReCap*, *AutoCad Civil 3D*, *Trimble RealWorks 10.0*, *Trimble Business Center* ja *Geomap* andmetöötlustarkvarasid.



Joonis 2.2.3.1 Vastused küsimusele: „Millist tarkvara kasutate andmetöötluks?”

2.2.4. Seadusandlusega seotud töö tulemused

Seadusandlusega seotud töö tulemuste osas antakse ülevaade, millised probleemid on tekkinud asutustel mehitamata õhusõiduki kasutamisel. Küsimusi oli üks.

Vastused küsimusele: **millised probleemid on tekkinud UAV lennutamisel seoses seadusandlusega** asuvad tabelis 2.2.4.1, kust selgub, millised on suurimad probleemid ja kitsaskohad, mis on tekkinud küsimustikus osalejatel seoses mehitamata õhusõidukite lendamist reguleerivate seadustega. Enim probleeme on vastanute seas tekitanud lennuloa saamine. Vastajad toovad välja, et sageli peab ootama luba liiga pikalt ning sageli on loa küsimine ja ka saamine liiga bürokraatlik. Tuuakse välja, et lennuluba ei ole saabunud päevaks, milleks on planeeritud õhusõidukiga töö tegemine. Ühe aspektina lennulubade kohta toodi välja, et lennuluba ei anta lennujaama lähedal asuvates piirkondades või on võimalik seda teha vaid valitud päevadel.

Teise aspektina toodi välja, et hetkel kehtiv mehitamata õhusõidukeid ja nendega lendamist reguleeriv seadus on arusaadav ja lihtne, samas juulist 2021 muutub see keeruliseks ning mõningates aspektides arusaamatuks. Üks vastaja toob välja, et hetkel ei reguleeri MKM määrus mehitamata õhusõidukite kasutamist topo-geodeetiliste tööde korral. Üks küsitluses osalenu toob välja, et mõõteseadust peaks muutma, et mehitamata õhusõidukiga läbiviidud mõõdistused oleksid pädevad.

Tabel 2.2.4.1. Vastused küsimusele: „ Millised probleemid on tekkinud UAV lennutamisel, seoses seadusandlusega?“

Lennuluba	<ul style="list-style-type: none">• Liiga pikalt peab ootama lennuluba• Lennuloa küsimine on bürokraatlik• Lennuluba ei ole saabunud planeeritud päevaks• Lennuloa mittesaamine lennujaama lähistel• Lendamine vaid ettenähtud päevadel
-----------	---

Seadusandlus	<ul style="list-style-type: none"> • Mehitamata õhusõidukitega lendamist reguleeriv seadusandlus hetkel lihtne ja arusaadav • 2021 juulist muutub lendamist reguleerivad seadusaktid keeruliseks • MKM määrus ei reguleeri mehitamata õhusõidukite kasutamist topo-geodeetiliste tööde korral • Mõõteseadust peaks muutma, et mehitamata õhusõidukiga tehtud mõõdistused oleksid pädevad
--------------	--

2.2.5 Mehitamata õhusõidukeid mitte kasutavate asutustega seotud töö tulemused

Kõikidest küsitluses osalenud asutustest ei oma mehitamata õhusõidukeid kuus asutust ehk 30% kõikidest osalenutest. Antud asutustelt küsiti, millised on põhjused, miks UAV seadmeid ei kasutata, samuti, kas on plaan võtta antud seadmed kasutusele ning milliseid seadmeid kavatakse kasutusele võtta. Kokku esitati asutustelt, kes ei oma mehitamata õhusõidukeid, viis küsimust:

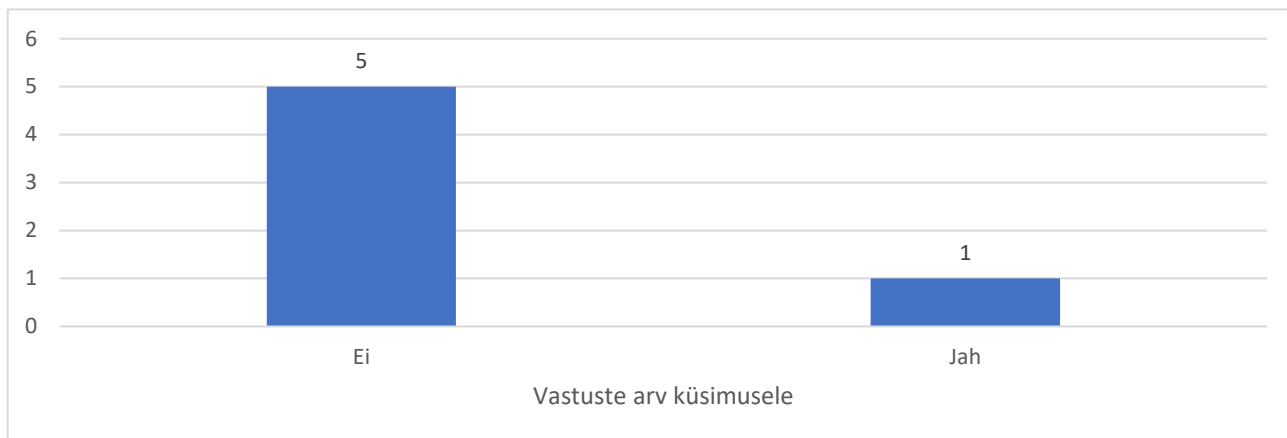
1. mis on peamised põhjused, miks ei ole veel kasutusel mehitamata õhusõidukit;
2. kas ostate teenust sisse;
3. kas näeksite tulevikus tööprotsessi osana mehitamata õhusõiduki kasutamist;
4. millisel eesmärgil kasutaksite saadud andmeid;
5. milliseis lisaseadmeid lisaksite oma õhusõidukile?

Tabelist 2.2.5.1 selgub, **mis on peamised põhjused, miks ei ole veel võetud kasutusele mehitamata õhusõidukeid**. Neljal korral on märgitud, et määravaks on saanud seadmete ja tarkvarade hind. Ankeedi täitjad märkisid ka, et puudub huvi mehitamata õhusõidukite osas, kahel korral märgiti, et puuduvad teadmised. Lisaks eelnevatele põhjustele toodi välja, et mehitamata õhusõidukeid ei kasutata info puudulikkuse tõttu nõuete osas ning asutuselt tellitavaid töid saab läbi viia, kasutades alternatiivseid mõõdistusmeetodeid.

Tabel 2.2.5.1. Vastused küsimusele: “Kui Teil ei ole UAV seadmeid, mis põhjuseel?”

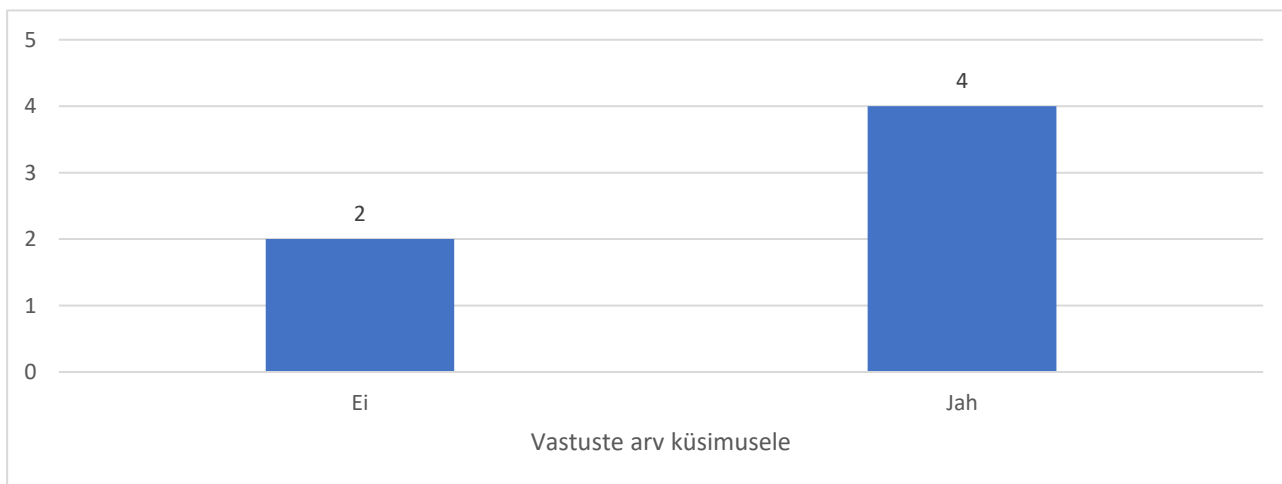
Seadme puudumise põhjus	Vastajate arv
Seadmete ja tarkvarade hind	4
Huvi puudumine	3
Teadmiste puudumine	2
Info puudulikkus nõuete osas	1
Tellitavaid töid on võimalik teha teiste mõõdistusmeetoditega	1

Ankeetküsitlusest selgub, et kuuest asutusest, kes ei oma mehitamata õhusõidukit, ostab teenust sisse üks asutus. Viis asutust ei osta sisse teenust mõnelt teiselt asutusest (vt joonis 2.2.5.1).



Joonis 2.2.5.1. Vastused küsimusele: „Juhul kui Teil puudub võimalus mehitamata õhusõiduki kasutamiseks, kas ostate teenust sisse?“

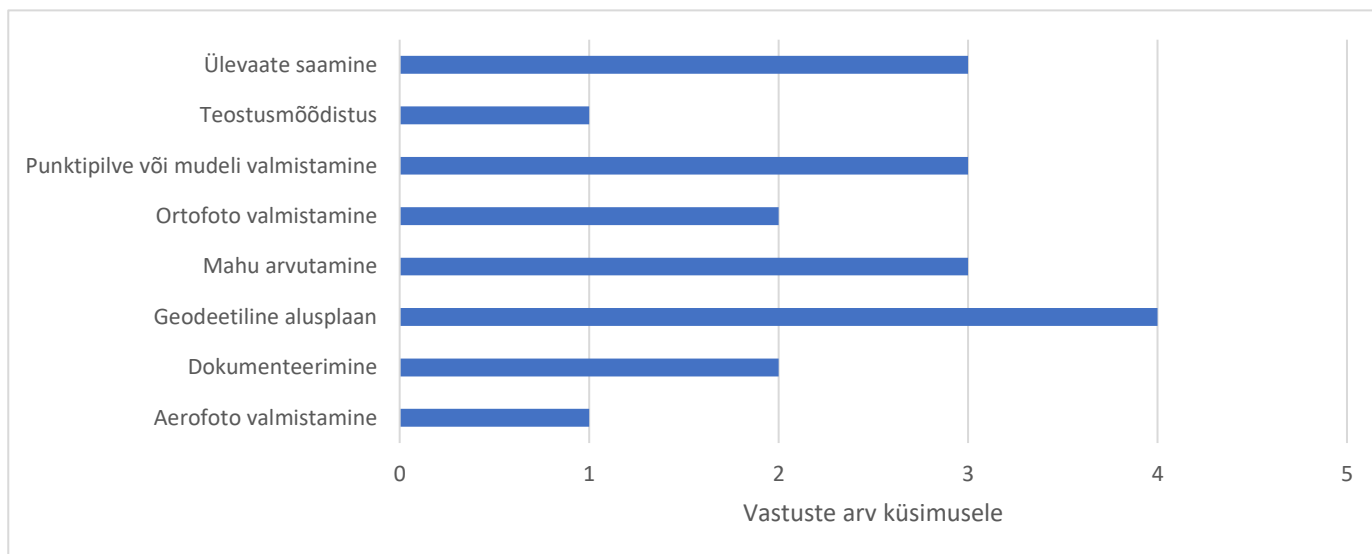
Jooniselt 2.2.5.2 selgub, et kuuest asutusest, kes veel ei oma mehitamata õhusõidukit, näevad **tulevikus tööprotsessi osana mehitamata õhusõiduki kasutamist**, neli küsitluses osalenud asutust. Kaks asutust märkis, et ka tulevikus ei plaani nad oma töös kasutusele võtta mehitamata õhusõidukit. Asutused, kes tahavad võtta kasutusele UAV sedamed, märkisid, et plaanivad seda teha 2-3 aasta jooksul.



Joonis 2.2.5.2. Vastused küsimusele: „Kas näeksite tulevikus tööprotsessi osana mehitamata õhusõiduki kasutamist?“

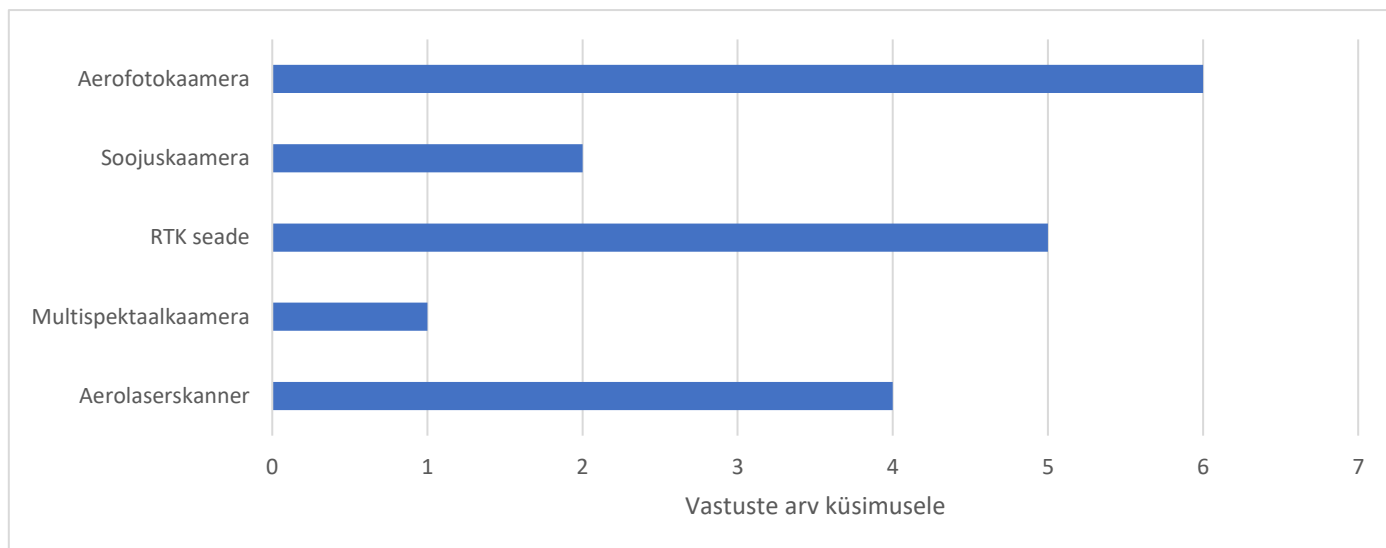
Järgnevalt on välja toodud, **millisel eesmärgil asutused võtaksit kasutusele mehitamata õhusõidukid**. Neli asutust vastasid, et UAV seade võetaks kasutusele geodeetiliste alusplaanide

koostamiseks. Kolm asutust tõid välja, et õhusõiduk võetakse kasutusele ülevaate saamiseks, punktipilvede või mudeli valmistamiseks ning mahu arvutamiseks. Kaks ankeedi täitnud asutust vastas, et UAV seade võetakse kasutusele ortofoto tootmiseks ja dokumenteerimiseks. Lisaks toodi välja, et õhusõiduk võetaks kasutusele teostusmõõdistuse tegemiseks ja aerofoto valmistamiseks (vt joonis 2.2.5.3).



Joonis 2.2.5.3. Vastused küsimusele: „ Millisel eesmärgil kasutaksite saadud andmeid?“

Järgmiselt jooniselt selgub, **milliseid lisaseadmeid lisaksid asutused, kes veel ei oma mehitamata õhusõidukit, tulevasele õhusõidukile.** Enim lisataks tulevasele õhusõidukile aerofotokaamerat, seda teeksid kõik asutused, kus veel ei ole mehitamata õhusõidukit. RTK seadmega varustaksid õhusõiduki viis asutust. Aerolaserskannerit peab vajalikuks neli asutust ning soojuskaamera lisaks oma tulevasele seadmele kaks asutust. Üks asutus, kus veel ei ole mehitamata õhusõidukit, lisaks soojuskaamera (vt joonis 2.2.5.4).



Joonis 2.2.5.4. Vastused küsimusele: „Milliseid lisaseadmeid lisaksite tulevasele õhusõidukile?“

3. ARUTELU

Uurimistöö eesmärgiks oli välja selgitada, kui palju asutusi Eestis kasutavad mehitamata õhusõidukeid. Selgitada välja, millisel eesmärgil seda tehakse, samuti juhul, kui veel ei kasutata oma asutuses UAV seadmeid, miks seda ei tehta ning kas on plaanis võtta oma töös kasutusele mehitamata õhusõidukid.

Tehnika

Tehnikaga seotud töö tulemustest järeldati, et enamus asutustest kasutab mehitamata õhusõidukeid vaid oma otstarbeks. Küsitluse vastustes on toodud, et enim levinud firma, kelle õhusõidukeid kasutatakse, on DJI. Küsitluses osalejate hulgas on kõige populaarsem lisaseade, mida kasutatakse mehitamata õhusõidukil, aerofotokaamera, järgneb RTK seade. Lisaseadmetest on kõige populaarsemad seadmed Nikoni poolt pakutavad tooted, aga kasutusel on ka väga paljude erinevate tootjateprodukte. Vastajate abiga tuli välja, et suurem osa asutustest kasutab RTK võimekusega mehitamata õhusõiduki lennutamisel loodud võrku, mitte oma baasjaama.

Vastajad on hetkel pigem rahul olemasolevate seadmetega, mis on nende asutuses kasutusel. Mehitamata õhusõidukite hulk on asutustes erinev, enim on asutustes vaid üks seade. Toodi välja, et enim kasutatakse mehitamata õhusõidukeid pildistamise eesmärgil ning suurel hulgal valmivad piltidest aerofotod, samuti on eesmärgiks mahu arvutused ja dokumenteerimine.

Küsitluses osalenud asutustest, kes kasutavad mehitamata õhusõidukeid oma töös, kasutavad enne lendu markeerimist maapinnal. Suurem osa kasutavad selleks fotogramm-meetrilisi tähiseid, samuti on populaarne markeerimisvahend aerosoolvärv. Toodi välja, et alati ei ole vajalik teha markeerimist, sest näiteks on RTK seade, mida kasutatakse õhusõiduki pardal, piisavalt hea täpsusega.

Andmed

Andmete osas selgus töö käigus, et enim kasutatakse andmeid ülevaate saamiseks, samuti on populaarne koostada mehitamata õhusõiduki abil andmetest punktipilvi, millest koostatakse mudel. Võib välja tuua, et saadud andmetega viiakse läbi suurem osa töid, mida viiakse läbi ka klassikaliste mõõdistusviisidega.

Andmete täpsuse huvides tuli välja, et seitse vastanut asutust kasutab oma töös fotogrammeetrilisi tähiseid, samuti on populaarne kasutada aerosoolvärvi. Asutused, kes ei tee markeerimistöid, töid välja, et nende eesmärgist lähtuvalt ei ole vajalik läbi viia eelnevat markeerimist, üks ettevõtte tõdes, et seda tehakse aeg-ajalt.

Seadusandlus

Seadusandluse osas selgus uurimistöö käigus, et enim on tekkinud asutustel probleeme lennuloa saamisega Transpordiametist. Välja toodi, et hetkel kehtiv seadusandlus on arusaadav ning mõistetav, aga juulist 2021 hakkab kehtima uus määrus, mis muudab UAV seadmetega seonduva seadusandluse keeruliseks. Tööst selgus, et seadusandlust peaks muutma, et mehitamata õhusõidukiga läbiviidavad mõõdistused oleksid pädevad.

Mehitamata õhusõidukeid mitteomavad asutused

Küsitluses osalenud asutused, kes ei oma töövahendina mehitamata õhusõidukit, toovad välja, et põhjuseks on seadmete ja ka tarkvara hind. Samuti selgus, et kuuest õhusõidukit mitteomavast asutusest viies ei osteta teenust sisse. UAV mitteomavatest asutustest plaanivad neli asutust lähitulevikus mehitamata õhusõidukid kasutusele võtta.

Õhusõidukeid kasutatakse plaanikohaselt geodeetiliste alusplaanide tegemiseks ning teiste tööde juures, mida tehakse hetkel kas tahhümeetri või GNSS RTK seadme abil. Enim asutusi lisaks oma õhusõidukile aerofotokaamera, populaarne oleks lisada ka RTK seade.

KOKKUVÕTE

Käesoleva uurimistöö empiirilises osas selgitati välja, kui paljudel Eesti ettevõtetel, riigiasutustel ning teadusasutustel on endal kasutusel mehitamata õhusõiduki tehnoloogia ning kui palju kasutatakse sel teel saadud andmeid. Milliseid probleeme on tekkinud seadusandlusega, kui palju kasutatakse markeerimist, millised on riistvaralised ja tarkvaralised valikud, kui palju kasutatakse mehitamata õhusõidukeid?

Uurimistöö teoreetilises osas kirjutati uurimistöödest Eestis ja välismaal, mehitamata õhusõidukitel kasutatavatest lisaseadmetest, andmetöötlustarkvaradest ning mehitamata õhusõidukeid puudutavast seadusandlusest Eestis.

Uurimistöö eesmärgi saavutamiseks tõstatati järgmised hüpoteesid: Mehitamata õhusõidukite kasutamine on enamlevinud eraettevõtetes, võrreldes riigiasutuste ning koolidega, ning mehitamata õhusõidukite kasutuselevõtmine erinevatel mõõdistustöödel on aina enam populaarsust koguv.

Käesoleva bakalaureuse töö käigus koostati veebipõhine ankeetküsitlus, mis saadeti laiali erinevatele firmadele, riigiasutustele ning ülikoolidele üle kogu Eesti, kes potentsiaalselt võisid kasutada oma tööde teostamiseks mehitamata õhusõidukite poolt pakutavaid võimalusi. Vastuseid saadi tagasi 20. Vastuste tulemused töödeldi ning analüüsiti koondatud kujul, huvitavamad faktid toodi välja.

Uurimistöö lõpptulemusena selgus, et:

- enamik asutustest kasutab mehitatud õhusõidukeid vaid oma otstarbeks;
- enim levinud firma, kelle õhusõidukeid kasutatakse, on DJI;
- kõige populaarsem lisaseade, mida kasutatakse mehitamata õhusõidukil, on aerofotokaamera;

- lisaseadmetest kõige populaarsemad seadmed on Nikoni poolt pakutavad tooted;
- suurem osa asutustest kasutab RTK võimekusega mehitamata õhusõiduki lennutamisel olemasolevat võrku, mitte oma baasjaama;
- enim kasutatakse andmeid ülevaate saamiseks, samuti on populaarne koostada mehitamata õhusõiduki abil andmetest punktipilvi, millest koostatakse mudel;
- saadud andmetega viiakse läbi suurem osa töid, mida viiakse läbi ka klassikaliste mõõdistusviisidega;
- andmete täpsuse huvides tuli välja, et seitse vastanud asutust kasutab oma töös fotogramm-meetrilisi tähiseid, samuti on populaarne kasutada aerosoolvärvi;
- enim on tekkinud asutustel probleeme lennuloa saamisega Transpordiametist;
- hetkel kehtiv seadusandlus on arusaadav ning mõistetav, kuid juulist 2021 hakkab kehtima uus määrus, mis muudab UAV seadmetega seonduva seadusandluse keeruliseks;
- vastajate ettepanek: seadusandlust peaks muutma, et mehitamata õhusõidukiga läbiviidavad mõõdistused oleksid pädevad;
- peamiseks põhjuseks, miks asutused ei oma mehitamata õhusõidukit, on seadmete ja tarkvara hind;
- enamik mehitamata õhusõidukeid mitteomavad asutused kavatsevad lähitulevikus õhusõidukid kasutusele võtta;
- õhusõidukeid kasutatakse plaanide kohaselt geodeetiliste alusplaanide tegemiseks;
- enim asutusi lisaks oma õhusõidukile aerofotokaamera.

Kuna antud küsimustiku eesmärk ei olnud teada saada vastajate nimesid, siis peaks järgmisel korral tegema pikema-ajalise küsitluse ning selle läbi viima kohale minnes või helistades. Usun, et hetkel tuli piisavalt vastuseid, kuid kui oleks olnud rohkem vastajaid, oleks saanud suurema ülevaate. Kindlasti peaks sellist uurimust viima läbi kindla ajaperioodi tagant, näiteks iga viie aasta tagant, sest tehnika areneb ning hinnad muutuvad pidevalt. Samuti saaks järgmisel korral uurida ka, kas ostetakse teenust sisse välismaalt või Eesti asutused teevad tööd hoopis välisriikides.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Administration, F. A. (13. Aprill 2021. a.). *UAS by the Numbers*. Kasutamise kuupäev: 25. aprill 2021. a., allikas Ameerika Ühendriikide lennuamet: https://www.faa.gov/uas/resources/by_the_numbers/?fbclid=IwAR08l_E5vkouwM6v988D0p-u4pusBZVTI7BkdDNYk2EkyFM1KZRHExbnPKo
- Arjomandi, M., Agostino, S., Mammone, M., Nelson, M., & Zhou, T. (1. Jaanuar 2007. a.). *Classification of unmanned aerial vehicles*. Adeleide, Lõuna-Austraalia, Austraalia. Kasutamise kuupäev: 24. aprill 2021. a., allikas : https://www.academia.edu/2055673/Classification_of_Unmanned_Aerial_Vehicles
- Baam Tech. (kuupäev puudub). *THE FUTURA™ FIXED WING DRONE*. Kasutamise kuupäev: 24. aprill 2021. a., allikas <https://baam.tech/aircraft/futura-fixed-wing>
- Berg-Jürgens, J. (2015). *Erinevate meetoditega loodud ortofotomosaikide täpsus mehitamata lennuki MUST Q aerofotode näitel*. Tartu: Eesti Maaülikool. Kasutamise kuupäev: 29. märts 2021. a., allikas https://dspace.emu.ee/xmlui/bitstream/handle/10492/2360/Jaano_Berg-J%c3%bcrgens_2015MA_GEm_t%c3%a4istekst.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Defence Turkey. (kuupäev puudub). *BNA Tiltrotor UAV is Flight Ready*. Kasutamise kuupäev: 24. aprill 2021. a., allikas <https://www.defenceturkey.com/en/content/bna-tiltrotor-uav-is-flight-ready-4146>
- Dormehl, L. (11. September 2018. a.). *History of Drones*. Kasutamise kuupäev: 15. märts 2021. a., allikas Digitaltrends: <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/history-ofdrones/?fbclid=IwAR38RrIgmoxbKkBPArbap1dMjDwSlgnZGP1dg1QS7WIK92>
- Droon.ee. (2020). *E10T Termokaamera*. Kasutamise kuupäev: 27. aprill 2021. a., allikas <https://droon.ee/toode/e10t-termo-kaamera/>

- Droon.ee. (2021). Kasutamise kuupäev: 27. aprill 2021. a., allikas <https://droon.ee/toode/dji-phantom-4-rtk-d-rtk-2-mobile-station-combo/>
- Euroopa Liidu Teataja. (24. mai 2019. a.). *KOMISJONI RAKENDUSMÄÄRUS (EL) 2019/947*. Kasutamise kuupäev: 26. aprill 2021. a., allikas <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0947&qid=1606488407101&from=EN>
- FAA AEROSPACE FORECAST 2020-2040*. (2020). Kasutamise kuupäev: 23. aprill 2021. a., allikas Federal Aviation Administration: https://www.faa.gov/data_research/aviation/aerospace_forecasts/media/FY2020-40_FAA_Aerospace_Forecast.pdf
- Flynt, J. (2019). What Sensors Do Drones Use? Kasutamise kuupäev: 27. aprill 2021. a., allikas <https://3dinsider.com/drone-sensors/>
- Huul, K. (2016). *Drooni fotogramm-meetria rakendamise kõrgusmudelite ja ortofotode loomiseks Raadi karjääri näitel*. Tartu: Tartu Ülikooli Ökoloogia ja maateaduste instituut. Allikas: http://dSPACE.ut.ee/bitstream/handle/10062/52945/Huul_Kaspar.pdf
- Hwang, M.-H. (2018). *Practical Endurance Estimation for Minimizing Energy Consumption of Multirotor Unmanned Aerial Vehicles*. Kasutamise kuupäev: 24. aprill 2021. a., allikas https://www.researchgate.net/publication/327215242_Practical_Endurance_Estimation_for_Minimizing_Energy_Consumption_of_Multirotor_Unmanned_Aerial_Vehicles
- Innovation, D. C. (2014). Unmanned Aerial Vehicle in Logistics. Sakasamaa. Kasutamise kuupäev: 24. aprill 2021. a., allikas https://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/DHL_TrendReport_UAV.pdf
- J'son & Partners Consulting. (12. Detsember 2017. a.). The market of Unmanned Aerial Vehicles (UAV, drones) in Russia and in the world, 2017. Kasutamise kuupäev: 23. aprill 2021. a., allikas https://json.tv/en/ict_telecom_analytics_view/the-market-of-unmanned-aerial-vehicles-uav-drones-in-russia-and-in-the-world-2017?fbclid=IwAR3oASGdrGy6KUz1Fte75sRPKCiIHxqgP09KxXhJHDTBzHDseP2-W-my2s

- Kohv, M. (19. Märts 2018. a.). Droonid geoloogias. *Eesti Geoloog*. Kasutamise kuupäev: 25. aprill 2021. a., allikas <https://eestigeoloog.ee/kategooriad/teadusgeoloogia/droonid-geoloogias>
- Kokamägi, K. (2018). *Mehitamata õhusõiduki abil tehtud aerofotode põhjal puistangu mahtude arvutamise täpsus*. Tartu: Eesti Maaülikool. Kasutamise kuupäev: 15. märts 2021. a., allikas https://dspace.emu.ee/xmlui/bitstream/handle/10492/4289/Kaupo_Kokam%c3%a4gi_MA2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Kokamägi, K. (2020). *Tartu erinevate piirkondade kuumasaarte ning rohe- ja sinitaristu tuvastamine mehitamata*. Kasutamise kuupäev: 26. aprill 2021. a., allikas https://sisu.ut.ee/sites/default/files/kaugseire/files/kaugseirepaev_poster_kokamagi.pdf
- Konsin, S. (2020). *Mehitamata õhusõidukiga aerofotogramm-meetriliste mõõdistamise kõrgusliku täpsuse hindamine teedeehituse näitel*. Tartu: Eesti Maaülikool. Kasutamise kuupäev: 28. aprill 2021. a., allikas https://dspace.emu.ee/xmlui/bitstream/handle/10492/6127/Siim_Konsin_BA2020_GE_t%c3%a4istekst.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Lennuamet. (09. Juuni 2015. a.). *Üldkorralduslik ettekirjutus*. Allikas: Transpordiamet: https://www.ecaa.ee/sites/default/files/uke_mos_nr33_2015.pdf
- Lennuamet. (2019). *Infovoldik-drooni lennutamise ABC*. Tallinn. Kasutamise kuupäev: 20. aprill 2021. a., allikas <https://www.ecaa.ee/sites/default/files/voldik.pdf>
- Lightware. (kuupäev puudub). SF30/C. Kasutamise kuupäev: 26. aprill 2021. a., allikas https://lightwarelidar.com/products/sf30-c-100-m?pr_prod_strat=copurchase&pr_rec_pid=788508704867&pr_ref_pid=788510539875&pr_seq=uniform
- Maa-amet. (2021). *Aerolaserskaneerimise kõrguspunktid*. Kasutamise kuupäev: 26. aprill 2021. a., allikas <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Ruumiandmed/Korgusandmed/Aerolaserskaneerimise-korguspunktid-p499.html>

- National Drones. (2. Mai 2018. a.). *4 Of The Biggest Drone Trends For 2018*. Kasutamise kuupäev: 20. aprill 2021. a., allikas https://blog.nationaldrones.com.au/drone-trends-2018?fbclid=IwAR3GqwwDBC58_-ALJAqz0F9SQRcLNcx9UG0JIGIL4Y-pz8c7ISWS6qtsMic
- Naval Technology. (kuupäev puudub). AWHEREO Unmanned Helicopter. Kasutamise kuupäev: 24. aprill 2021. a., allikas <https://www.naval-technology.com/projects/awhero-unmanned-helicopter/>
- Oniga, E., Breaban, A. I., & Florian, S. (2018). *Determining the Optimum Number of Ground Control Points for Obtaining High Precision Results Based on UAS Images*. Kasutamise kuupäev: 27. aprill 2021. a., allikas https://www.researchgate.net/publication/323965828_Determining_the_Optimum_Number_of_Ground_Control_Points_for_Obtaining_High_Precision_Results_Based_on_UAS_Images
- Pajula, R. (29. august 2017. a.). Taimestiku väliuuringud Eesti taastamisalal on lõpetatud. Kasutamise kuupäev: 26. aprill 2021. a., allikas <https://life-peat-restore.eu/ee/blog/valitood-eesti-taastamisalal-on-lopetatud/>
- Prokaamera. (kuupäev puudub). DJI Air 2S. Kasutamise kuupäev: 25. aprill 2021. a., allikas <https://www.prokaamera.ee/dji/dji-mavic-air-2-ja-lisad/droon-dji-mavic-air-2s#tehnilised-andmed>
- Päästeamet. (kuupäev puudub). *Päästeameti lühiajalugu*. Kasutamise kuupäev: 27. aprill 2021. a., allikas <https://www.rescue.ee/et/paeaesteameti-luehiajalugu>
- Rahu, O., & Siim, K. (2019). *MEHITAMATA ÕHUSÕIDUKIGA PILDISTATUD AEROFOTODEST VALMISTATUD ORTOFOTOMOSAIIKIDE JA 3DPUNKTIILVEDE TÄPSUST MÕJUTAVAD FAKTORID*. Tartu: Eesti Maaülikool. Tsiteeritud 28. aprill 2021. a.
- Resev, J. (2019). *UAV FOTOGRAFF-MEETRIA KASUTAMINE HOONE VÄLISGEOMEETRIA JA DEFORMATSIOONIDE MÕÕDISTAMISEL TALLINNA LENNUSADAMA NÄITEL*. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool. Kasutamise kuupäev: 29.

aprill 2021. a., allikas <https://digikogu.taltech.ee/en/Item/631b76ab-ed6f-4628-b70b-6cf20f828da5>

Tommaselli, A. M., & Berveglieri, A. (2018). *MEASURING PHOTOGRAMMETRIC CONTROL TARGETS IN LOW CONTRAST IMAGES*. Universidade Federal do Paraná. Kasutamise kuupäev: 28. aprill 2021. a., allikas <https://www.redalyc.org/jatsRepo/3939/393956631002/html/index.html>

Transpordiamet. (2021). *Mehitamata õhusõidukid, sealhulgas droonid*. Kasutamise kuupäev: 20. aprill 2021. a., allikas <https://www.ecaa.ee/et/lennundustehnika-ja-lennutegevus/mehitamata-ohusoidukid-sealhulgas-droonid>

Transpordiamet. (2019). *Uue rakendusmääruse (EL) 2019/947 korduma kippuvad küsimused*. Kasutamise kuupäev: 24. aprill 2021. a., allikas https://www.ecaa.ee/sites/default/files/kkk_1.pdf

UAV Coach. (11. jaanuar 2021. a.). *Top Hydrogen Fuel Drones: The Best Hydrogen Drones on the Market + Applications They Benefit*. Kasutamise kuupäev: 24. aprill 2021. a., allikas <https://uavcoach.com/hydrogen-fuel-drones/>

Unmanned Systems Technology. (27. veebruar 2017. a.). *MMC Introduces Second Generation Hydrogen Fuel Cell Drone*. Kasutamise kuupäev: 25. aprill 2021. a., allikas <https://www.unmannedsystemstechnology.com/2017/02/mmc-announces-second-generation-hydrogen-fuel-cell-drone/>

Veebidoktor. (2019). *Drooniga pildistamine: mida õppisime kui käisime kliendi objekte pildistamas*. Kasutamise kuupäev: 28. aprill 2021. a., allikas <https://veebidoktor.ee/drooniga-pildistamine-mida-oppisime-kui-kaisime-kliendi-objekte-pildistamas/>

LISAD

Lisa 1. Uurimistöö küsimustik

Mehitamata õhusõidukite kasutamine Eestis

Lugupeetud vastaja!

Olen Kaarel Koit, Eesti Maaülikooli geodeesia ja maakorralduse õppekava kolmanda kursuse tudeng.

Kirjutan bakalaureuse lõputööd, mille eesmärk on välja selgitada mehitamata õhusõidukite kasutamist Eestis eeskätt fotogramm-meetrilistes ja geodeetilistes töödes. Minu lõputöö juhendajateks on Natalja Liba ja Kaupo Kokamägi.

Sellega seoses palun Teie abi, et leiaksite vastamiseks mõne minuti aega.

Saadud andmeid kasutatakse vaid statistilisel eesmärgil, uurimuse otstarbel. Vastamine on vabatahtlik ning tegemist on anonüümse küsitlusega. Suur tänu, kui leiate aega, et anda oma panus sellesse uurimusse. Küsitluses saab osaleda kuni 20.04.2021

Kui Teil tekib küsimustiku või uurimusega seoses küsimusi, saate ühendust võtta

kaarel.koit@student.emu.ee

Aitäh osalemast!

Kaarel Koit

Eesti Maaülikooli geodeesia ja maakorralduse bakalaureuse tudeng

*Required

Palun valige, millise asutuses töötate? *

Choose

Kas Teie ettevõttes kasutatakse mehitamata õhusõidukeid? *

☐ Jah

☐ Ei

Mehitamata õhusõidukite kasutamine Eestis

*Required

Teie asutuses kasutatakse mehitamata õhusõidukeid

Milline kasutusviis on Teie mehitamata õhusõidukil?

- ☐ Ainult oma otstarbeks
- ☐ Pakutakse rendi teenust
- ☐ Renditakse mehitamata õhusõidukit
- ☐ Other: _____

Millise firmamärgi mehitamata õhusõidukeid kasutate? *

- ☐ DJI
- ☐ Freefly
- ☐ Vulcanuav
- ☐ Trimble
- ☐ Leica
- ☐ Other: _____

Millised lisaseadmeid on lisatud Teie õhusõidukile? *

☐ Aerofotokaamera

☐ Soojuskaamera

☐ Multispektaalkaamera

☐ Aerolaserskanner

☐ RTK seade

☐ Other: _____

Kui kasutate RTK võimekusega drooni, kas kasutate...

☐ Oma baasjaama

☐ Võrku (nt Maa-amet)

☐ Other: _____

Milliste firmade lisaseadmeid kasutate oma mehitamata õhusõidukil? *

☐ Trimble

☐ Leica

☐ Nikon

☐ Canon

☐ Other: _____

Kuidas olete rahul hetkel olemasoleva(te) instrumentidega?

Your answer

Mis otstarbel peamiselt kasutate UAV seadmeid? *

- ☐ Pildistamiseks
- ☐ Video tegemiseks
- ☐ Laserskaneerimiseks
- ☐ Other:

Millisel eesmärgil kasutate saadud andmeid? *

- ☐ Ortofoto valmistamine
- ☐ Kontrollmõõdistamine
- ☐ Geodeetiline alusplaan
- ☐ Teostusmõõdistus
- ☐ Mahu arvutamine
- ☐ Ülevaate saamine
- ☐ Dokumenteerimine
- ☐ Punktipilve või mudeli valmistamine
- ☐ Other:

Kui sageli oma töös kasutate droone?

- ☐ Rohkem kui 5 korral nädalas
- ☐ Kuni 5 korda nädalas
- ☐ Mõned korrad kuus
- ☐ Mõned korrad aastas
- ☐ Vähem
- ☐ Other: _____

Mitut drooni Teie asutuses/osakonnas kasutate? *

Your answer _____

Millistes situatsioonides on droonide kasutamine Teie asutuses/osakonnas kõige sagedasem?

Your answer _____

Millised probleemid on tekkinud UAV lennutamisel, seoses seadusandlusega?

Your answer _____

Kui alustate drooniga mõõdistustöid, kas eelnevalt viite läbi markeerimise? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Mitte kunagi

☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐

Iga kord

Kui teete markeerimistöid, mis vahenditega? *

☐ Sprei/aerosool värv

☐ Fotogramm-meetrilised tähised (kiled)

☐ Looduses hästitunnetatavad punktid

☐ Laserskaneerimiseks mõeldud tähised

☐ Other:

Kui Te ei tee markeerimistöid, millest on see tingitud?

Your answer

Kui on probleeme tekkinud, millised võiksid olla lahendused?

Your answer

Millist tarkvara kasutate andmetöötluseks? *

☐ Pix4D

☐ Agisoft Metashape

☐ GIS tarkvarad

☐ Bentley

☐ ReCap

☐ Other: _____

Mis võiks muutuda paremaks mehitamata õhusõidukite kasutamise juures mõeldes geodeesia suunale?

Your answer _____

Kas pakute oma seadmetega ka teenust teistele samas valdkonnas tegutsevatele ettevõtetele? *

☐ Jah

☐ Ei

Kui vastasid eelmisele küsimusele "Jah", mis valdkonna asutusele?

Your answer _____

Kas mehitamata õhusõidukite kasutamine on muutnud teie tööd efektiivsemaks, täpsemaks? *

	1	2	3	4	5	
Ei ole muutnud	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	On muutnud märgatavalt

Kuidas viisite läbi eelnevalt sarnaseid töid, kui ei olnud kasutusel UAV seadmeid? *

- ☐ Tahhümeetiline mõõdistamine
- ☐ RTK mõõdistamine
- ☐ Terrestriline laserskanneerimine
- ☐ Kasutades Maa-ameti andmeid
- ☐ Kasutades satelliidiandmeid
- ☐ Other: _____

Mehitamata õhusõidukite kasutamine Eestis

*Required

Teie asutuses ei kasutata mehitamata õhusõidukeid

Kui Teil ei ole UAV seadmeid, mis põhjusel? *

- ☐ Seadme hind
- ☐ Teadmiste puudumine
- ☐ Tarkvara hind
- ☐ Lisaseadmete hind
- ☐ Huvi puudumine
- ☐ Info puudulikus nõuete osas
- ☐ Other: _____

Juhul kui Teil puudub võimalus mehitamata õhusõiduki kasutamiseks, kas ostate teenust sisse? *

- ☐ Jah
- ☐ Ei
- ☐ Other: _____

Kui vastasite eelmisele küsimusele "Jah", milliselt ettevõttelt olete seda teinud?

Your answer

Kas näeksite tulevikus tööprotsessi osana mehitamata õhusõiduki kasutamist? *

☐ Jah

☐ Ei

☐ Other: _____

Kui vastasite eelmisele küsimusele "Jah", mis ajaks võiks teil olla esimene mehitamata õhusõiduk kasutusel?

Your answer

Mis otstarbel kasutaksite UAV seadmeid? *

- ☐ Pildistamiseks
- ☐ Video tegemiseks
- ☐ Laserskaneerimiseks
- ☐ Other: _____

Millisel eesmärgil kasutaksite saadud andmeid?

- ☐ Ortofoto valmistamine
- ☐ Kontrollmõõdistamine
- ☐ Geodeetiline alusplaan
- ☐ Teostusmõõdistus
- ☐ Mahu arvutamine
- ☐ Ülevaate saamine
- ☐ Dokumenteerimine
- ☐ Punktipilve või mudeli valmistamine
- ☐ Other: _____

Lisa 2. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Kaarel Koit,

Sünniaeg, 04.11.1998

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) oma loodud lõputöö „Mehitamata õhusõidukite kasutamise ülevaade erinevates Eesti asutustes“, mille juhendajateks on Natalja Liba ja Kaupo Kokamägi,

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor Allkirjastatud digitaalselt

allkiri

Tartu, 2021

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

Natalja Liba..... Allkirjastatud digitaalselt

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

Kaupo Kokamägi Allkirjastatud digitaalselt

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)